

ВЕСТНИК МАШИНОСТРОЕНИЯ

12

МАШГИЗ

1947

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Николай-Гаврилович Славянов (1854—1897)—действ. член АН УССР К. К. Хренов 1

КОНСТРУИРОВАНИЕ

<i>Кудряцев В. Н.</i> , канд. техн. наук. — Графоаналитический способ расчета эвольвентных зацеплений	10
<i>Грозин Б. Д.</i> , член корр. АН УССР и <i>Костецкий Б. И.</i> , канд. техн. наук. — Износ в зубчатых передачах	23
<i>Розенберг Ю. А.</i> , инж. — Исследование многодисковых фрикционных муфт	38
Метод определения передаточного числа планетарного редуктора (по поводу статьи В. С. Савкова)	46

ТЕХНОЛОГИЯ

<i>Олофинский Н. Ф.</i> , канд. техн. наук. — Электросепарация горелых земель литейных цехов	48
<i>Пляцкий В. М.</i> , канд. техн. наук и <i>Нейман Я. Я.</i> , инж. — Новое в литье под давлением	58
К вопросу о построении допусков и припусков на механическую обработку поковок: I. <i>Глушков В. Н.</i> , инж. — Наш опыт. II. <i>Романовский В. П.</i> , инж. — О методе построения системы припусков и допусков для поковок. III. <i>Кереш В. В.</i> , инж. — Не обеспечено внедрение средне-прогрессивных норм	66
<i>Соколов В. Н.</i> , канд. техн. наук. — Время нагрева кузнечных заготовок	75

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

<i>Максимов И. С.</i> , инж. — Кооперирование — мощный рычаг дальнейшего развития машиностроения	79
<i>Тайц Б. А.</i> , канд. техн. наук, доц. — Специальные заводы по редукторостроению	82
<i>Шухов Ю. В.</i> , инж. — Специализация и цехи производства крепежных деталей в машиностроении	83

КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Фрейман Л. С.</i> , проф. — Применение ультразвуковой дефектоскопии в машиностроении	88
[<i>Константин Федорович Грачев</i>]	94

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Рецензия	95
Новые издания Машгиза	96
Обзор иностранных журналов	98
Указатель статей, напечатанных в журнале «Вестник машиностроения» за 1947 г.	100

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ: Сабуров М. З. (председатель Редакционного совета), Артоболевский И. И., академик, Ассонов А. Д., инж., лауреат Сталинской премии, Ачеркан Н. С., д-р техн. наук, проф., Демьянюк Ф. С., инж., лауреат Сталинской премии, Доллежалъ Н. А., д-р техн. наук, проф., Каменев О. М., инж., лауреат Сталинской премии, Конюшая Ю. П., инж., Кугель Р. В., канд. техн. наук, Миланов О. В., инж., Мильман Б. С., канд. техн. наук, Никитин П. В., канд. техн. наук, Николаев Г. А., д-р техн. наук, проф., Одинг И. А., член корр. АН СССР, лауреат Сталинской премии, Петрусевич А. И., канд. техн. наук, Пиголкин П. Н., инж., Просвирин В. И., д-р техн. наук, проф., Сателъ Э. А., д-р техн. наук, проф., Серенсен С. В., действ. член АН УССР, Хрушев М. М., проф., лауреат Сталинской премии, Чернушевич В. А., инж., лауреат Сталинской премии, Чудаков Е. А., академик, Шамин Н. А., инж., лауреат Сталинской премии, Шмыков А. А., канд. техн. наук, лауреат Сталинской премии, Шухгальтер Л. Я., канд. техн. наук.

Главный редактор *М. З. Сабуров*
Зам. Главного редактора *Л. Я. Шухгальтер*

ИЗДАТЕЛЬ МАШГИЗ МИНИСТЕРСТВА ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР

ВЕСТНИК МАШИНОСТРОЕНИЯ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Орган Министерств: Тяжелого машиностроения, Автомобильной и тракторной промышленности, Транспортного машиностроения, Машиностроения и приборостроения

1947 г. декабрь

Год издания XXVII

№ 12

Николай Гаврилович Славянов (1854—1897)

В октябре 1947 г. исполнилось 50 лет со дня смерти крупнейшего русского инженера и изобретателя Н. Г. Славянова, создавшего способ электрической дуговой сварки металлическим электродом. Этот способ во всех странах заслуженно называется способом Славянова и является в настоящее время важнейшим видом сварки, занимая первое место по объему и стоимости выпускаемой продукции, числу действующих установок и занятых рабочих.

Автор этого изобретения, произведшего переворот в технике металлических конструкций и изделий, Николай Гаврилович Славянов родился 5 мая (23 апреля) 1854 г. Среднее образование он получил в Воронежской гимназии, окончивши ее с золотой медалью. В 1877 г. Николай Гаврилович окончил Петербургский горный институт и поступил на службу на Воткинский (казенный горный) завод, где с 13 (1) мая 1878 г. был назначен смотрителем механических фабрик. 4 ноября (23 октября) 1881 г. Николай Гаврилович был командирован на частные Омутнинские заводы, а с 11 декабря (29 ноября) 1883 г. до конца своей жизни работал в старинном арсенале русской артиллерии — на Пермских пушечных заводах в Мотовилихе. Здесь он был сначала управителем оружейных и механических фабрик по изготовлению артиллерийских орудий и снарядов, затем помощником горного начальника, а с 28 (16) июля 1891 г. горным начальником Пермских пушечных заводов. В 1885 г. Николай Гаврилович пробыл четыре месяца в Бельгии и Германии, где ознакомился с работой различных заводов, в том числе оружейных.

Будучи высокообразованным, весьма крупным металлургом своего времени, Николай Гаврилович не замыкался в своей специальности, а живо интересовался самыми разнообразными вопросами техники. Особое его внимание привлекала только что возникавшая тогда



Николай Гаврилович Славянов

электротехника. Изучению электротехники он отдавал много сил и времени, приобрел глубокие познания в этой области и стал в ней видным специалистом. Об его познаниях и большом опыте свидетельствуют две крупные для тех времен динамомашины постоянного тока, которые он самостоятельно спроектировал и построил на Пермских пушечных заводах; первая динамомашина — на 300 а при 60 в с приводом от паровой машины; вторая динамомашина — на 1000 а при 100 в была соединена с паровой машиной в 150 сил и служила как для заводского освещения, так и для питания постов дуговой электросварки в специальном цехе, организованном Николаем Гавриловичем.

Обладая от рождения слабым здоровьем, Николай Гаврилович не щадил себя на работе, поражая окружающих своей энергией и работоспособностью. Руководя в зимнее время сварочными работами на открытом воздухе, Николай Гаврилович жестоко простудился, тяжело заболел и скончался 17 (5) октября 1897 г. на 44 году жизни. Он преждевременно сошел в могилу, не успев дать родной стране всего того, что обещали его яркий талант инженера, исследователя, изобретателя, его глубокие и разносторонние знания и совершенно исключительная работоспособность.

Будучи образованнейшим человеком и крупнейшим инженером, Николай Гаврилович был одновременно и способнейшим организатором. Успех работ Н. Г. Славянова, необычный в условиях дореволюционной России, помимо личных качеств изобретателя и чрезвычайно удачного сочетания в нем глубоких знаний металлургии и электротехники, может объясняться также служебным положением Николая Гавриловича, дававшим ему большие возможности для проведения крупных экспериментальных работ. В те времена не могло быть и речи о серьезной материальной помощи со стороны государства или общественных организаций, и Николай Гаврилович имел возможность проводить свои исследования лишь будучи начальником крупных русских оружейных заводов. При этом он не дорожил своим временем и здоровьем и не жалел личных денежных средств.

Николай Гаврилович работал над многими вопросами, но особое внимание уделял двум своим изобретениям: 1) электрической отливке металлов, или, по современной терминологии, „электрической дуговой сварке по способу Славянова“, и 2) электрическому уплотнению металлических отливок.

Первое изобретение получило всемирную известность и широчайшее распространение. Во времена Николая Гавриловича под „сваркой“ подразумевали лишь сварку давлением или пластическую, примером которой может служить кузнечная или горновая сварка, единственно практически широко тогда применявшаяся. Способы сварки плавлением были тогда еще мало известны, и первый такой способ — изобретенную им дуговую электросварку — Н. Г. Славянов называл „электрической отливкой“, рабочего электросварщика он называл „электролитейщиком“, а организованный им первый в мире электросварочный цех называл „электролитейной“. К началу работ Н. Г. Славянова дуговая электросварка в общем виде уже была открыта талантливым русским изобретателем Н. Н. Бенардосом, изобретшим способ дуговой электросварки угольным электродом и добившимся практически ценных результатов.

Великой заслугой Н. Г. Славянова является видоизменение дуговой электросварки с заменой угольного электрода плавящимся металлическим электродом, благодаря чему способ этот стал чрезвычайно целесообразным.

Сварка по способу Славянова завоевала себе почетное место во всех странах мира. Сейчас существует много способов дуговой элект-

росварки, но примерно 99% работ выполняется способом Славянова. Глубокие познания в металлургии и интуиция крупного изобретателя позволили Н. Г. Славянову с первых же шагов наметить правильный путь развития дуговой электросварки, и этого пути он неуклонно держался во всех своих дальнейших работах. Насколько можно судить по сохранившимся архивным материалам, Николай Гаврилович придал своему изобретению законченную форму и впервые применил его на производстве на Пермских пушечных заводах в 1888 г. Запатентован новый способ сварки был несколько позже: в 1890—1891 гг.

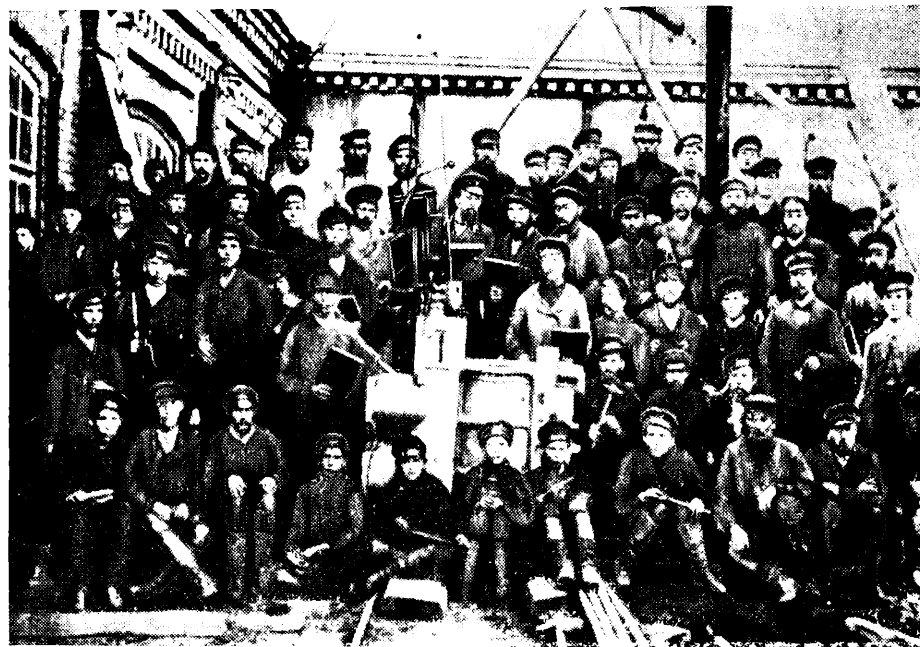


Рис. 1. Н. Г. Славянов среди группы рабочих электросварочного цеха Пермского пушечного завода

Николай Гаврилович получил патенты на „электрическую отливку металлов“ (т. е. на дуговую электросварку металлическим электродом) и на электрическое уплотнение металлических отливок в России, Франции, Германии, Австрии и Бельгии и сделал заявки в США, Швеции и Италии.

Николай Гаврилович детально разработал, практически применил и довел до высокой степени совершенства технику дуговой электросварки. Он придавал большое значение предварительному подогреву основного металла и выполнял почти все работы методом горячей сварки (по современной терминологии), поддерживая все зеркало ванны одновременно в расплавленном состоянии. В связи с большим объемом жидкой ванны возникает необходимость заформовки места сварки для устранения утечки металла.

Для формовки применялись молотый кокс, кварцевый песок и жидкое стекло. Химический состав электродных стержней обычно был близок к составу основного металла. Стальные стержни готовились из катаных прутков или проволоки, чугунные и медные — отливались. Для тока 400 а брались стержни диам. 10 мм, а для 200 а — диам. 6,5 мм. При сварке чугуна применялась обратная полярность (плюс на электроде), в остальных случаях — обычно нормальная полярность (минус на электроде).

По окончании сварки чугуна в необходимых случаях выполнялись специальные дополнительные операции: „прожигание“ и „пропаривание“ по терминологии Н. Г. Славянова. „Прожигание“ заключалось в расплавлении корки застывающей ванны металлическим электродом для уплотнения наплавленного металла и устранения пористости. „Пропаривание“ состояло в обработке ванны очень короткой угольной дугой обратной полярности с целью обогащения металла углеродом и получения в наплавке мягкого серого чугуна, хорошо поддающегося механической обработке.

Николай Гаврилович продолжает разрабатывать технологию сварки на основании своего богатого заводского опыта, включая все вспомогательные операции вплоть до способов отливки электродных стержней, изготовления коксовых и кварцевых формовочных плиток и т. п.

Все необходимое оборудование до динамомашин и электроизмерительных приборов включительно Н. Г. Славянову приходилось проектировать и изготовлять самостоятельно.

С самого начала своих работ Николай Гаврилович обращал особое внимание на механизацию и автоматизацию дуговой электросварки, что является одной из серьезнейших проблем сварочной техники и для нашего времени. Поддержание устойчивой металлической сварочной дуги, как известно, довольно трудно, в те же времена, когда Н. Г. Славянов стал применять сварку, затруднения были больше из-за отсутствия хороших сварочных генераторов тока и стабилизирующих дугу электродных обмазок. Сверх того работа на сильном токе при большом объеме ванны и предварительно подогретом изделии была трудна для сварщика вследствие усиленного теплового излучения. Чтобы облегчить и улучшить работу сварщиков, Николай Гаврилович сконструировал и применил на производстве остроумный полуавтомат для сварки металлическим электродом. Этот полуавтомат он называл „плавильник“. Полуавтомат подвешивался над местом сварки, постоянство длины дуги в известных пределах сгорания электрода поддерживалось одним или двумя соленоидами, втягивающими железный сердечник, благодаря чему автоматически подавался электрод. После значительного обгорания электрода подача периодически производилась вручную посредством маховичка, действующего на ролики, подающие электрод.

Большое количество сварочных работ, преимущественно ремонтного характера, выполненное Николаем Гавриловичем, дало ему возможность достичь в них высокого совершенства: сохранились образцы его работ, до сих пор еще никем не превзойденные по качеству выполнения. Для электросварочных работ Николай Гаврилович организовал весьма значительный для того времени цех, называвшийся „электролитейная Пермских казенных пушечных заводов“. Для работы в нем Н. Г. Славянов подготовил первых русских электросварщиков. По сохранившемуся отчету этот цех за время с 1891 г. по 1894 г. выполнил под руководством Н. Г. Славянова электросварочные работы по ремонту 1631 изделия. В сохранившемся списке завершенных изделий имеются рамы паровых машин, весящие до 360 пуд., паровые цилиндры до 275 пуд., стальные валы до 150 пуд., станины паровых молотов до 240 пуд., прокатные валки до 425 пуд., зубчатые колеса до 180 пуд., чугунные котлы до 415 пуд. и др., в том числе части паровозов, лафеты пушек, листы паровых котлов, различные медные и бронзовые части. Общий вес отремонтированных изделий составил 16453 пуда, причем было израсходовано 685 пуд. электродов и получено 64387 руб. прибыли.

Приведенные цифры несомненно доказывают, что электрическая дуговая сварка в руках Н. Г. Славянова стала промышленным про-

цессом и развилась на Пермских пушечных заводах в крупное по тем временам производство. Эти заводы могут считаться колыбелью современных способов дуговой электросварки.

О техническом совершенстве способа сварки, разработанного Н. Г. Славяновым, свидетельствовали многочисленные образцы сварочных работ, демонстрированные им на IV электрической выставке Русского технического общества в 1892 г. На выставке были показаны многочисленные образцы сварки и наплавки разнородных металлов, образец сварной трубы из красной меди, выдержавшей гидравлическое давление в 500 а, образцы наплавки особого твердого сплава

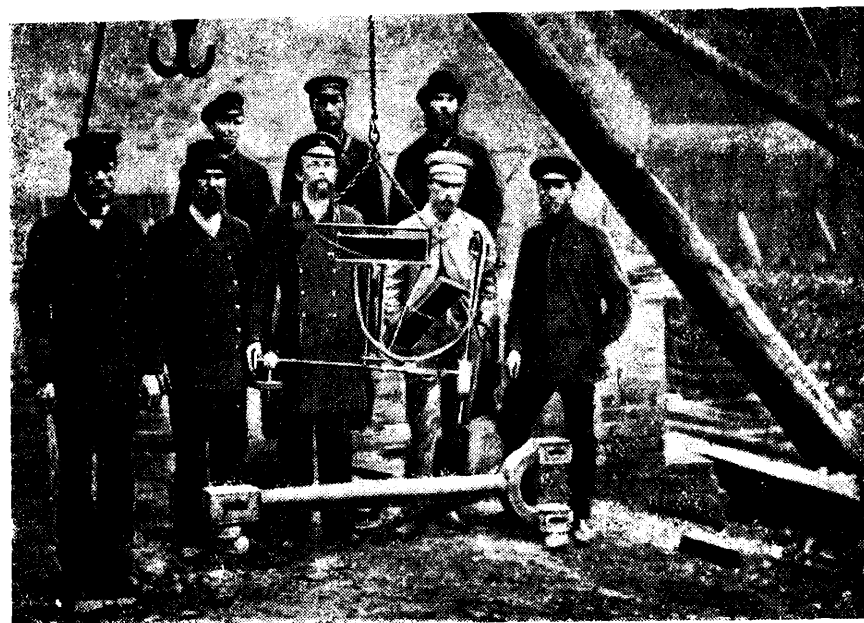


Рис. 2. Н. Г. Славянов в группе электросварщиков у сварочного полуавтомата

„электрит“, изобретенного Н. Г. Славяновым, и пр. Ряд сваренных образцов при механических испытаниях дал следующие результаты: сталь — предел прочности при растяжении — 52 кг/мм^2 , образцы наплавленного металла чугуна, бронзы и латуни оказались прочнее основного, и изделия все разрушились вне области сварки.

Значение изобретения Славянова было вскоре же осознано передовыми русскими техниками того времени. Несмотря на исключительную личную скромность Николая Гавриловича и работу его в сравнительной глуши, на Пермских заводах, удаленных от столичных центров, — работы его вскоре получили признание и высокую оценку на родине и за границей. Доклады о способе Славянова заслушивало Русское техническое общество. Работам его посвящались обстоятельные статьи в русских и иностранных журналах. Русское техническое общество в 1892 г. присудило Николаю Гавриловичу высшую награду общества за самостоятельные и выдающиеся труды, продемонстрированные на IV электрической выставке. На всемирной выставке 1893 г. в Чикаго Николай Гаврилович был награжден медалью за изобретенный им способ сварки.

Дуговая электросварка не являлась единственным изобретением Николая Гавриловича: помимо твердого сплава „электрит“, о составе и свойствах которого сведений не сохранилось, можно отметить

электрическое уплотнение металлических отливок, которому изобретатель придавал большое значение. Сущность последнего изложена в докладе Н. Г. Славянова в Русском техническом обществе 27 (15) апреля 1895 г. Способ заключается в том, что металл, залитый в изложницу, подогревается в верхней части достаточно мощной дугой, поддерживающей этот слой металла расплавленным. При таких условиях металл застывает постепенно в направлении снизу вверх, все газы, выделяющиеся из металла, свободно удаляются через жидкую верхнюю поверхность, а усадочные пустоты, возникающие при затвердевании металла, заполняются имеющимся в верхней части запасом жидкого металла. Без уплотнения отливки большая верхняя

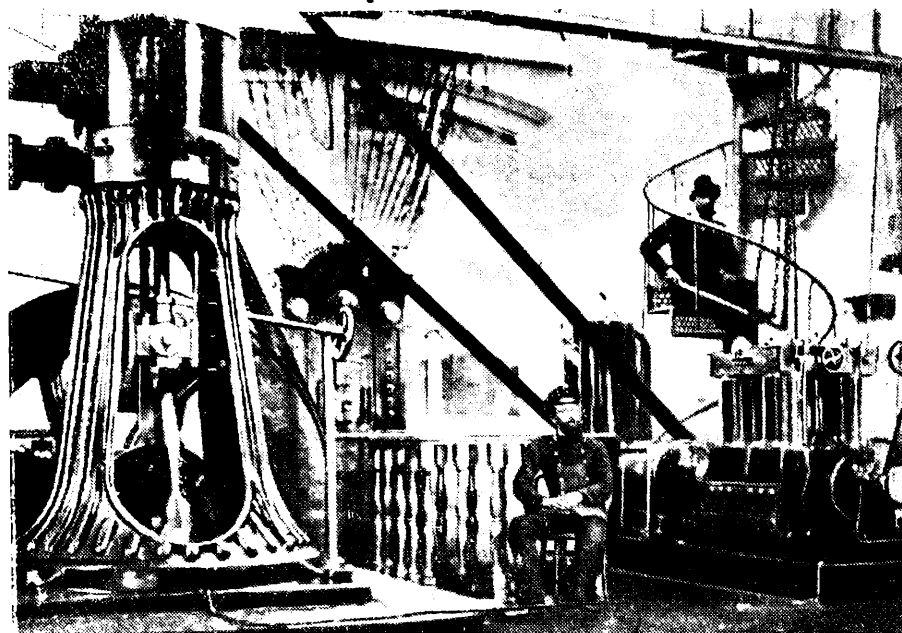


Рис. 3. Н. Г. Славянов у построенной им динамомашини

(„прибыльная“) часть болванки, включающая газовые пузыри и усадочные раковины, идет в отброс. Единственно надежным способом уплотнения слитков и увеличения выхода годного металла, по мнению Н. Г. Славянова, является подогрев верхней поверхности слитка до температуры плавления стали, причем лишь подогрев дугой может иметь практическое применение. Идея способа была предложена Н. Г. Славяновым в 1890 г., опыты в большом масштабе были проведены в конце 1894 г., когда были уплотнены угольной дугой три болванки тигельной стали по 320 пуд. каждая и одна болванка мартеновской стали в 700 пуд. При постоянном токе дуги 800 а и напряжении 60—70 в уплотнение болванки в 320 пуд. занимало 2,5—3,5 часа, а в 700 пуд.—5 час. Результаты уплотнения оказались вполне успешными.

Занимаясь огромной и напряженной производственной и изобретательской работой, Николай Гаврилович находил время и возможности и для литературной деятельности. Сохранились следующие написанные им работы:

1. Электрическая отливка металлов, 1891 (проспект).
2. *Coulage électrique des métaux*, 1891 (брошюра).
3. *Electric smelting of metals*, 1892 (брошюра).
4. Электрическая отливка металлов, 1892 (брошюра).

5. Электрическая отливка металлов, „Горный журнал“, 1892.
6. Электрическая отливка металлов, Руководство к установке и практическому применению ее, СПб, 1892, с 44 рис.
- Эта книга в 1929 г. переиздана журналом „Сварочный вестник“ в Берлине, а в 1930 г. выдержки из нее напечатаны в сборнике „Автогенная сварка“, вып. II, изд. Объединенным научно-техническим советом в Ленинграде. Указанная книга является основным трудом Н. Г. Славянова.
7. О возможности исправления московского царь-колокола, 1893 (брошюра).
8. Применение электрической отливки металлов по способу Славянова в Пермских пушечных заводах, 1894 (брошюра).
9. Об электрическом уплотнении металлических отливок, установленном практически в применении к стальным болванкам. Доклад Н. Г. Славянова общему собранию членов „Русского технического общества“ 27 (15) апреля 1895 г. „Записки РТО“, № 6 1895.
10. То же, отдельная брошюра, СПб, 1895.
11. Электрическое уплотнение и электрическая отливка металлов (проспект).

12. Отчет по производству опытов электрического уплотнения стальных болванок по способу Славянова в Пермских пушечных заводах в 1895 г. (отпечатано на гектографе).

Из статей современников Славянова о его работах особенно интересны статьи М. А. Шателена в журнале „Электричество“ № 8, 9 и 10, 1892; № 20, 21 и 22, 1894; № 23, 1895; № 3, 4 и 5, 1896.

Работы Н. Г. Славянова отличаются ясностью и точностью изложения, чистотой языка, и основные его труды, особенно книга „Электрическая отливка металлов“, с полным правом могут быть названы классическими. Эта книга содержит обширный фактический материал, не потерявший ценности и до нашего времени, и заслуживает повторного издания.

Таким образом Н. Г. Славянов изобрел наиболее важный способ дуговой электросварки — сварку металлическими электродами, разработал теоретически и практически электротехнические и металлургические основы этого способа, широко применил в промышленности новый процесс и опубликовал результаты своих работ с исчерпывающей полнотой.

Если мы вспомним, что явление дугового разряда открыл в 1802 г. русский акад. В. В. Петров, а дуговую электросварку в общей ее форме изобрел русский инж. Н. Н. Бенардос, то с полным правом можно утверждать, что одно из крупнейших технических достижений конца прошлого века — дуговая электросварка — является всецело русским изобретением, созданным трудом выдающихся русских ученых и техников.

С момента изобретения Н. Г. Славянова и до широкого промышленного применения его в родной стране прошли целые десятилетия. Безвременная смерть изобретателя прервала его блестящие работы и прекратила так успешно начавшееся развитие электросварки в России, а по прошествии нескольких лет дело его заглохло и было в России почти забыто. Отсталой дореволюционной России с ее слабо развитой промышленностью оказалось не под силу применение великого изобретения Славянова. Лишь в стране победившего социализма после создания мощной промышленности с передовой техникой изобретение Славянова нашло почву для быстрого и успешного развития.

Блестящие работы Н. Г. Славянова и его глубокие технические идеи намного опередили свой век. Практическое применение изобретения Н. Г. Славянова нашло в первую очередь за границей, где оно

постепенно развивалось, но, правда, до первой мировой войны довольно медленно. Война дала мощный толчок развитию дуговой сварки, и с тех пор это развитие пошло со все нарастающими темпами.

Началом широкого промышленного развития дуговой электросварки на современной научно-технической базе можно считать 1918 г. — последний год первой мировой войны. Это развитие началось в США, быстро распространилось на промышленные европейские страны и в конце 20-х годов проникло в СССР, когда изобре-

тение Славянова, обогащенное производственным опытом, научными исследованиями и снабженное современным оборудованием, снова возвратилось на свою родину.

Коренная реконструкция хозяйства нашей страны, вызванная Великой Октябрьской революцией, и создание собственной мощной промышленности вызвали острую необходимость в дуговой сварке и обеспечили благоприятные условия для ее развития. В короткое время СССР не только догнал, но и перегнал большинство стран по объему применения дуговой электросварки. В настоящее время у нас этим методом изготавливаются ежегодно миллионы тонн всевозможных сварных конструкций, и дуговая сварка по способу Славянова стала одним из основных технологических про-

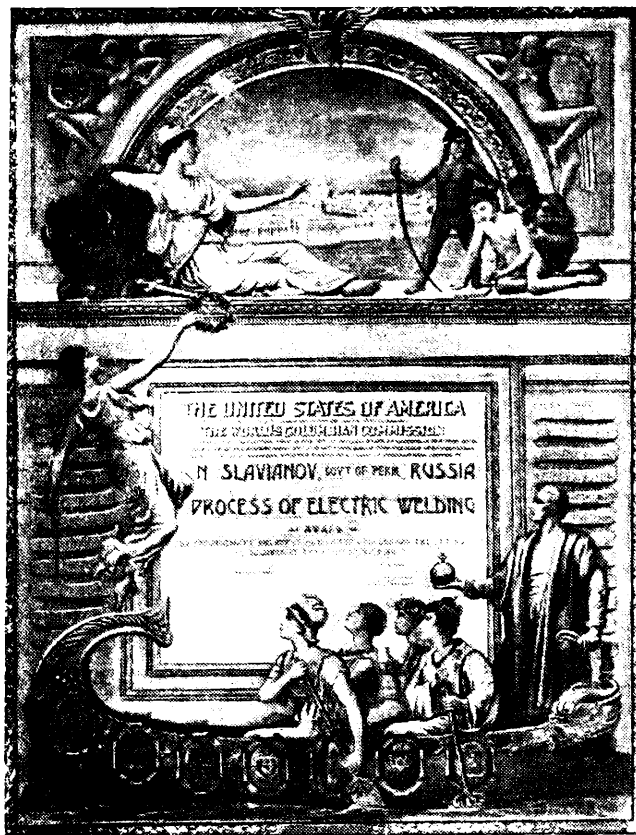


Рис. 4. Диплом о награждении Н. Г. Славянова на всемирной выставке 1893 г. в Чикаго медалью за изобретение электросварки

цессов во многих отраслях промышленности, имеющих дело с производством самых разнообразных изделий из металла.

Но развитие сварки по методу Славянова в нашей стране не ограничивается лишь ее широким промышленным использованием. Его идеи продолжают у нас не только жить, но успешно и быстро развиваются. Наша сварочная техника росла такими темпами, что очень быстро она стала догонять, а часто и опережать зарубежную сварочную технику. Постепенно мы научились самостоятельно разрешать технические задачи в области сварки и находить решения, наиболее соответствующие условиям и требованиям советской промышленности. Появились крупные советские изобретения и научные работы в области дуговой электросварки.

В настоящее время СССР занимает ведущее место не только по объему применения дуговой электросварки, но и по уровню свароч-

ной техники, по глубине и ценности проводимых научных работ и исследований. Исследованием и совершенствованием электросварки занят ряд научных учреждений, из которых можно упомянуть: Институт электросварки Академии Наук УССР, руководимый Героем социалистического труда Е. О. Патеном, Секцию электросварки Академии Наук СССР, руководимую акад. В. П. Никитиным, сварочную лабораторию Московского высшего технического училища им. Баумана, сварочную лабораторию ЦНИИТМАШ в Москве, сварочную лабораторию завода „Электрик“ в Ленинграде и др. За последние годы можно отметить ряд крупных достижений советской сварочной техники в области автоматической дуговой электросварки, подводной электросварки, создания новых типов электродов, в изготовлении крупных сварных сооружений, доменных печей, железнодорожных мостов и т. д.

Дело Славянова получило широчайшее развитие у себя на родине и приносит громадную пользу нашему народу.

Заканчивая статью, я пользуюсь случаем и выражаю благодарность сыновьям Н. Г. Славянова Александру Николаевичу и Николаю Николаевичу Славяновым (ныне член корр. АН СССР), безвозмездно передавшим богатый архив изобретателя Московскому высшему техническому училищу им. Баумана. Материалы архива использованы для данной статьи.

Действ. член АН УССР К. К. ХРЕНОВ

„У нас еще не все освободились от низкопоклонства и раболепия перед Западом, перед капиталистической культурой. Недавно господствующие классы старой России были нередко в большой духовной зависимости от более развитых в капиталистическом отношении государств Европы. Это позволяло культивировать среди некоторых кругов старой интеллигенции рабское сознание неполноценности и духовной зависимости от буржуазных стран Европы. Не освободившись от этих позорных пережитков, нельзя быть настоящим советским гражданином. Вот почему советские люди проникнуты таким решительным стремлением скорее покончить с этими пережитками прошлого, развернуть беспощадную критику всех и всяких проявлений низкопоклонства и раболепия перед Западом и его капиталистической культурой“.

(Из доклада В. М. Молотова на торжественном заседании Московского Совета 6 ноября 1947 года).

✓ Графоаналитический способ расчета эвольвентных зацеплений¹

Канд. техн. наук В. Н. КУДРЯВЦЕВ

Для расчета зубчатых цилиндрических передач с угловой коррекцией, т. е. с углами зацепления (в случае прямых зубьев), отличным от угла профиля исходного контура, используется математический аппарат Бакингема, часто называемый тригонометрией эвольвентного зацепления. Этот аппарат сложен для рядового конструктора, а сам расчет требует много времени и хороших навыков в счетной работе. Синтез эвольвентного зацепления при пользовании им очень трудоемок.

Вследствие сложности расчета угловая коррекция обычно не применяется, и таким образом не используется возможность значительно увеличить износостойкость передачи и прочность зубьев на изгиб при той же стоимости изготовления.

Предлагаемый графоаналитический способ резко сокращает время расчета и дает совершенно достаточную точность; отпадает необходимость в таблицах эвольвентной функции, тригонометрических функций и др. Во всех расчетах удовлетворяет точность логарифмической линейки.

Простота расчета открывает большие возможности в отношении синтеза зацеплений, так как позволяет довольно быстро находить коэффициенты коррекций, при которых выполняются заданные условия, например, получение максимального угла зацепления, максимального приведенного радиуса кривизны в зоне зацепления одной пары зубьев и др.

Далее даны выдержки из таблиц, в которых ξ_1 и ξ_2 удовлетворяют последнему условию.

Расчеты, приведенные в статье, могут быть использованы для прямозубых и косозубых колес наружного и внутреннего зацепления, соответствующих инструментальной рейке с углом профиля в торцевом сечении $\alpha_{ds} = \alpha_d = 20^\circ$. Они могут быть также применены для определения угла зацепления и межцентрового расстояния при нарезании колес долбяками.

Обозначения и определения. При буквенных обозначениях, общих для обоих колес сцепляющейся пары, для малого колеса ставим индекс 1 и для большого 2.

¹ От редакции. Предлагаемый В. Н. Кудрявцевым графоаналитический метод геометрического расчета корригированных прямозубых колес, а также (появится в одном из следующих номеров журнала) косозубых и шевронных колес сокращает время, требующееся на подсчеты, обеспечивает при подсчетах на логарифмической линейке достаточную точность и облегчает выбор оптимальной коррекции зацепления, исключает необходимость в использовании таблиц эвольвентной и тригонометрических функций.

Редакция рекомендует внедрить этот метод в расчетную практику конструкторских бюро и просит читателей сообщить свое мнение по затронутому вопросу.

Суммы и разности чисел зубьев и коэффициентов коррекций колес сцепляющейся пары будем обозначать той же буквой, но с индексами c и p :

$$z_2 + z_1 = z_c; \quad \xi_2 + \xi_1 = \xi_c; \quad \gamma_2 + \gamma_1 = \gamma_c$$

и

$$z_2 - z_1 = z_p; \quad \xi_2 - \xi_1 = \xi_p; \quad \gamma_2 - \gamma_1 = \gamma_p.$$

Величины ξ_c , z_c и γ_c приняты для расчета колес наружного зацепления, а z_p , ξ_p и γ_p — для расчета колес внутреннего зацепления.

Далее обозначим:

- A — межцентровое расстояние при $\alpha_s \neq \alpha_d$ (при $\xi_c \neq 0$ или в случае внутреннего зацепления при $\xi_p \neq 0$);
- A_0 — межцентровое расстояние при $\alpha_s = \alpha_d$ (при $\xi_c = 0$ или при $\xi_p = 0$);
- d_d — диаметр делительной окружности;
- d — диаметр начальной окружности;
- D_e — диаметр окружности выступов;
- f — коэффициент высоты зуба;
- R_e — радиус окружности выступов;
- r_0 — радиус основной окружности;
- S_d — толщина зуба по дуге делительной окружности;
- S_e — толщина зуба по дуге окружности выступов;
- S_{e0} — длина дуги окружности радиуса R_e между эвольвентами зуба колеса при $S_d = 0,5 \pi m_s$ (при $\gamma = \xi = 0$);
- S_c — длина дуги основной окружности между эвольвентами зуба;
- S_c^- — длина дуги основной окружности между эвольвентами зуба при $S_d = 0,5 \pi m_s$;
- α_c — угол зацепления в торцевом сечении;
- $\alpha_0 = 20^\circ$ — угол профиля исходного контура (ГОСТ 3058 — 45);
- γm_s — отклонение S_0 от S_n ; $\gamma m_s = S_0 - S_n$;
- ξm_s — смещение рейки исходного контура — расстояние средней линии рейки до ближайшей параллельной ей касательной к окружности d_d колеса, находящегося в плотном зацеплении с рейкой;
- $\Delta A m_s$ — разность между A и A_0 ;
- $\Delta h m_s$ — разность между суммой $\xi_c m_s$ (или разностью $\xi_p m_s$) смещений реек исходного контура, необходимой для обеспечения беззазорного зацепления, при изменении межцентрового расстояния от A_0 до A и величиной $\Delta A m_s$:

при наружном зацеплении

$$\Delta h m_s = \xi_c m_s - \Delta A m_s,$$

при внутреннем зацеплении

$$\Delta h m_s = \xi_p m_s - \Delta A m_s;$$

$\rho_{\min}$ — минимальное значение приведенного радиуса кривизны в зоне зацепления одной пары зубьев;

ϵ — коэффициент перекрытия;

h'_e — высота части зуба, заключенная между окружностями d_d и D_e ;

h'^* — высота части зуба, заключенная между окружностями d и D_e .

* $h'_d = 0,5 (\pm D_e \mp d_d)$, $h' = 0,5 (\pm D_e \mp d)$, где верхние знаки для колес с наружными зубьями, а нижние для колес с внутренними зубьями.

Вывод уравнений, устанавливающих связь между величинами $\gamma_c; z_c; \alpha_s$ (или $\xi_c; z_c; \alpha_s$) для наружного зацепления и $\gamma_p; z_p; \alpha_s$ (или $\xi_p; z_p; \alpha_s$) для внутреннего зацепления. Имеем пару колес наружного и внутреннего зацепления, находящихся в плотном (беззазорном) зацеплении при угле зацепления α_s (рис. 1, а и б). Для сохранения плотного зацепления, при увеличении межцентрового расстояния на

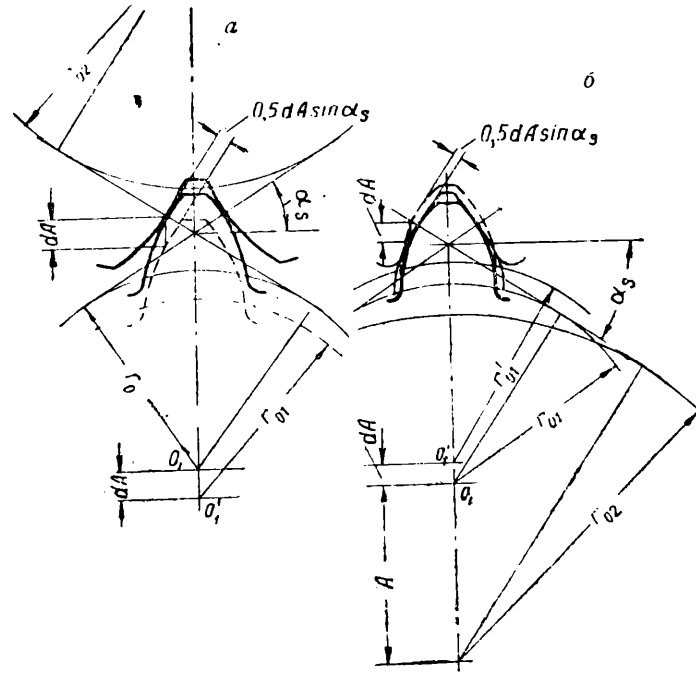


Рис. 1

dA , необходимо при наружном зацеплении увеличить толщину зуба по дуге основной окружности на $2dA \sin \alpha_s$, т. е.

$$d\gamma_c m_s = 2dA \sin \alpha_s, \quad (1a)$$

а при внутреннем зацеплении нужно на $2dA \sin \alpha_s$ или увеличить S_{02} или убавить S_{01} , или увеличить $\gamma_p m_s$, т. е.

$$d\gamma_p m_s = 2dA \sin \alpha_s. \quad (1б)$$

Заметив, что

$$A = A_0 \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_s}, \quad (2)$$

из равенств (1a), (1б) и (2) получим:
для наружного зацепления

$$d\gamma_c = z_c \cos \alpha_0 \operatorname{tg}^2 \alpha_s d\alpha_s,$$

для внутреннего зацепления

$$d\gamma_p = z_p \cos \alpha_0 \operatorname{tg}^2 \alpha_s d\alpha_s.$$

При изменении угла зацепления от α_0 до α_s для избежания зазора в первом случае надо $\frac{S_{H1} + S_{H2}}{m_s}$ увеличить на

$$\gamma_c = z_c \cos \alpha_0 \int_{\alpha_0}^{\alpha_s} \operatorname{tg}^2 \alpha_s d\alpha_s = z_c \cos \alpha_0 [(\operatorname{tg} \alpha_s - \alpha_s) - (\operatorname{tg} \alpha_0 - \alpha_0)]$$

и во втором случае увеличить $\frac{S_{\kappa 2} - S_{\kappa 1}}{m_s}$ на

$$\gamma_p = z_p \cos \alpha_\partial \int_{\alpha_\partial}^{\alpha_s} \operatorname{tg}^2 \alpha_s d\alpha_s = z_p \cos \alpha_\partial [(\operatorname{tg} \alpha_s - \alpha_s) - (\operatorname{tg} \alpha_\partial - \alpha_\partial)].$$

Обозначив $\operatorname{tg} \alpha_s - \alpha_s$ и $\operatorname{tg} \alpha_\partial - \alpha_\partial$ соответственно через $\operatorname{inv} \alpha_s$ и $\operatorname{inv} \alpha_\partial$, получим:

для наружного зацепления

$$\gamma_c = z_c \cos \alpha_\partial (\operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_\partial), \quad (3a)$$

для внутреннего зацепления

$$\gamma_p = z_p \cos \alpha_\partial (\operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_\partial). \quad (3б)$$

Положим, что вместо колеса 2 имеем рейку исходного контура с углом профиля α_∂ .

Так как в этом случае расстояние между сцепляющимися элементами характеризуется величиной ξm_s , независимо от значения которой $\alpha_s = \alpha_\partial$, то на основании равенства (1a) можем написать

$$d\gamma_1 m_s = 2d\xi_1 m_s \sin \alpha_\partial$$

или

$$\gamma_1 = 2\xi_1 \sin \alpha_\partial. \quad (4a)$$

Точно так же в случае зацепления колеса 2 с рейкой

$$\gamma_2 = 2\xi_2 \sin \alpha_\partial. \quad (4б)$$

Равенствами (4a) и (4б) устанавливается связь между коэффициентами γ_1 и γ_2 , характеризующими отклонения S_{01} и S_{02} от $S_{\kappa 1}$ и $S_{\kappa 2}$, и коэффициентами ξ_1 и ξ_2 , определяющими положение реек исходного контура, находящихся в плотном зацеплении с рассматриваемыми колесами. Для колеса с внутренними зубьями ξ_2 характеризует положение рейки, находящейся в плотном зацеплении с колесом с наружными зубьями, у которого такие же z и S_0 .

Из уравнений (3a), (3б), (4a) и (4б) имеем: при наружном зацеплении

$$\frac{\xi_c}{z_c} = \frac{\operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_\partial}{2 \operatorname{tg} \alpha_\partial}, \quad (5a)$$

при внутреннем зацеплении

$$\frac{\xi_p}{z_p} = \frac{\operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_\partial}{2 \operatorname{tg} \alpha_\partial}. \quad (5б)$$

Определение с помощью графиков величины ΔA по заданным ξ_c и z_c (или ξ_p и z_p) и величины ξ_c (или ξ_p) по заданным ΔA и z_c (или z_p). На основании определений величин $\Delta A m_s$ и $\Delta h m_s$ и равенств (2), (5a) и (5б) можно написать:

$$\frac{\Delta A}{z_c} = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos \alpha_\partial}{\cos \alpha_s} - 1 \right); \quad (6a)$$

$$\frac{\Delta A}{z_p} = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos \alpha_\partial}{\cos \alpha_s} - 1 \right); \quad (6б)$$

$$\frac{\Delta h}{z_c} = \frac{\operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_\partial}{2 \operatorname{tg} \alpha_\partial} - \frac{1}{2} \left(\frac{\cos \alpha_\partial}{\cos \alpha_s} - 1 \right); \quad (7a)$$

$$\frac{\Delta h}{z_p} = \frac{\operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_\partial}{2 \operatorname{tg} \alpha_\partial} - \frac{1}{2} \left(\frac{\cos \alpha_\partial}{\cos \alpha_s} - 1 \right). \quad (7б)$$

На графике рис. 2 нанесены кривые зависимости величин $\frac{\xi_p}{z_p}$; $\frac{\Delta A}{z_c}$; $\frac{\Delta A}{z_p}$; $\frac{\Delta h}{z_c}$ и $\frac{\Delta h}{z_p}$ от угла α_s , построенные на основании равенств (5а), (5б), (6а), (6б), (7а) и (7б).

Из графика видно, что величина $\Delta h = \xi_c - \Delta A$ значительно меньше величин ξ_c и ΔA . Благодаря этому удается построить графики для определения $\frac{\Delta h}{z_c}$ и $\frac{\Delta h}{z_p}$ в зависимости от $\frac{\xi_c}{z_c}$ и $\frac{\Delta A}{z_c}$ или $\frac{\xi_p}{z_p}$ и $\frac{\Delta A}{z_p}$, дающие большую точность расчета.

На основании приведенных выше равенств в большом масштабе были построены кривые, связывающие $\frac{\Delta h}{z_c}$ (или $\frac{\Delta h}{z_p}$) с $\frac{\xi_c}{z_c}$ и $\frac{\Delta A}{z_c}$ (или с

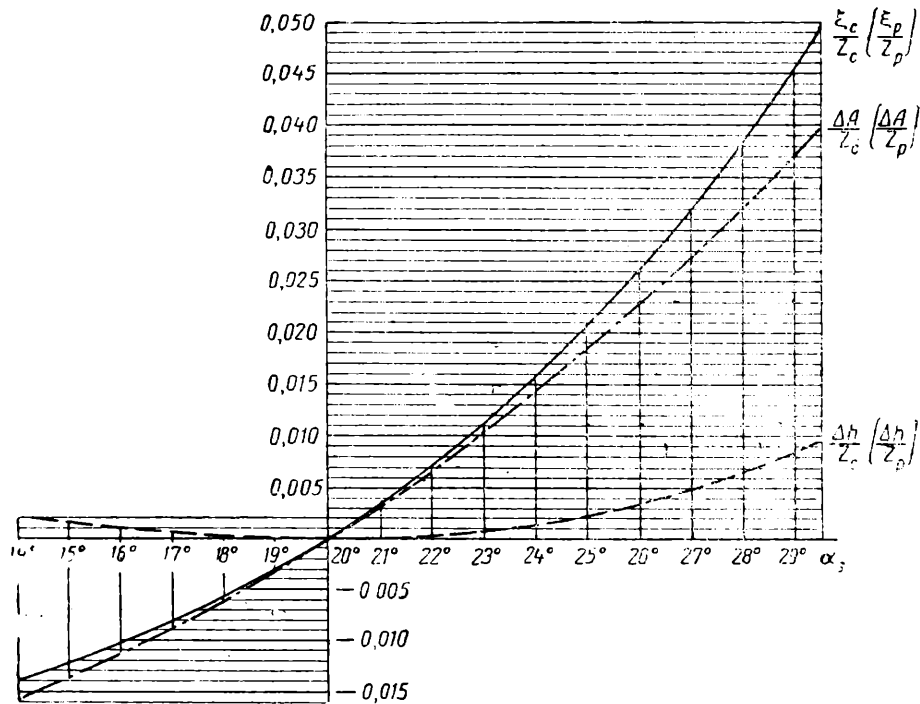


Рис. 2

$\frac{\xi_p}{z_p}$ и $\frac{\Delta A}{z_p}$) для углов в пределах от $15^\circ 30'$ до $29^\circ 30'$, и результаты сведены в графики „а“ и „б“ (рис. 3).

Из графика „а“ (рис. 3) определяем Δh по известным ξ_c и z_c (или ξ_p и z_p).

Для этого, пользуясь логарифмической линейкой, вычисляем $\frac{1000 \xi_c}{z_c}$ или $\frac{1000 \xi_p}{z_p}$ и из графика находим соответствующее значение $\frac{1000 \Delta h}{z_c}$ или $\frac{1000 \Delta h}{z_p}$ и затем величину Δh . После этого определяем $\Delta A = \xi_c - \Delta h$ или $\Delta A = \xi_p - \Delta h$ и межцентровое расстояние $A = A_0 + \Delta A m_s$:

для наружного зацепления

$$A = m_s (0,5 z_c + \Delta A) = m_s (0,5 z_c + \xi_c - \Delta h); \quad (8a)$$

для внутреннего зацепления

$$A = m_s (0,5 z_p + \Delta A) = m_s (0,5 z_p + \xi_p - \Delta h). \quad (8б)$$

Из графика „б“ (рис. 3) определяем Δh по известным ΔA и z_c или z_p .

Для этого, пользуясь логарифмической линейкой, подсчитываем

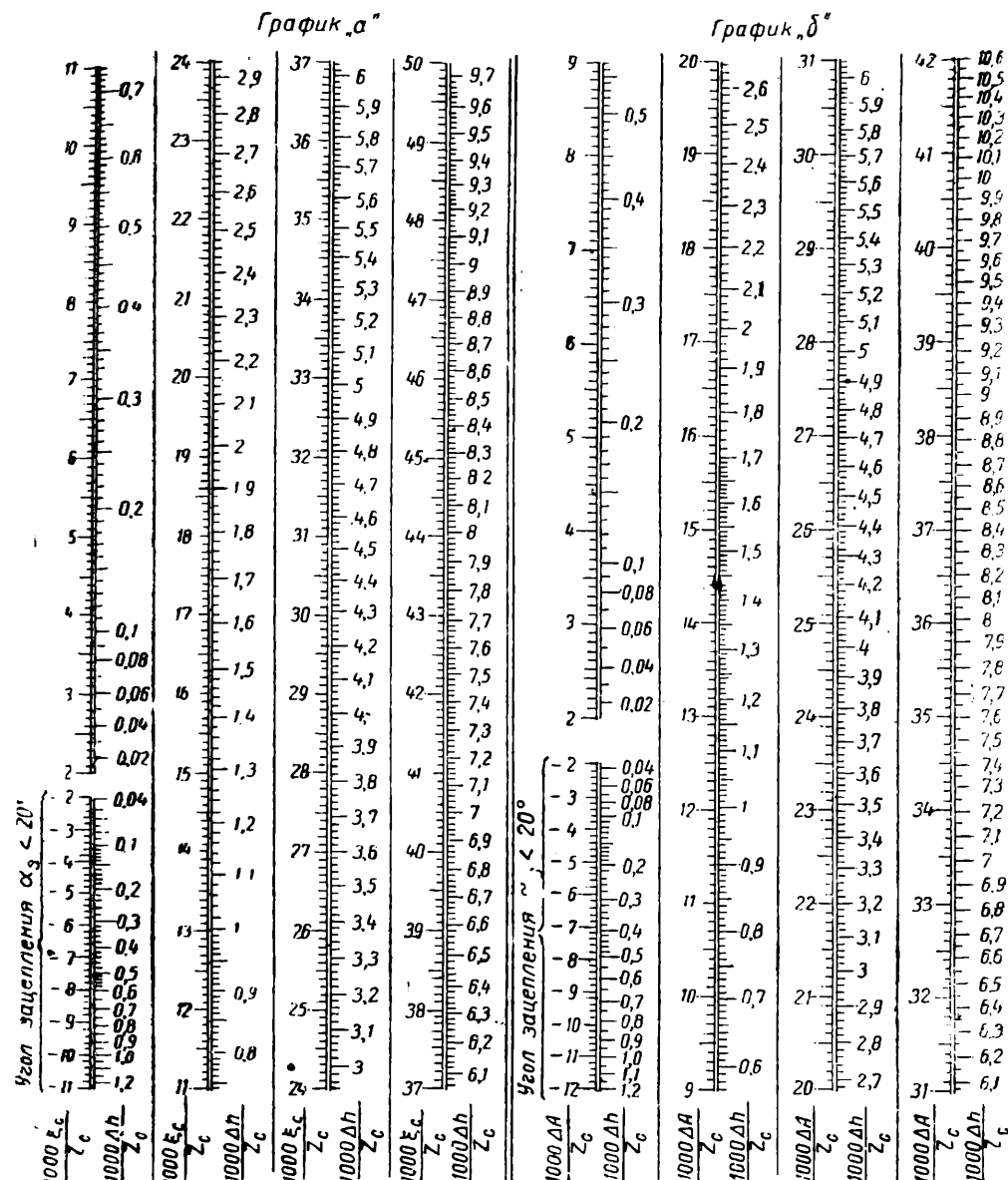


Рис. 3. Графики для определения Δh .

Пример расчета по графику „а“. Дано: $z_c = 64$, $\xi_c = 1,75$, $m_s = 10$ мм. Определить A .

$$\text{Величине } \frac{1000\xi_c}{z_c} = 27,4 \text{ соответствует } \frac{1000\Delta h}{z_c} = 3,69, \text{ откуда } \Delta h = 0,236.$$

$$\Delta A = \xi_c - \Delta h = 1,75 - 0,236 = 1,514,$$

$$A = m_s(0,5z_c + \Delta A) = 10(0,5 \cdot 64 + 1,514) = 335,14 \text{ мм.}$$

Пример расчета по графику „б“. Дано: $A = 272$ мм, $z_c = 52$, $m_s = 10$ мм.

Определить ξ_c . Находим

$$\Delta A = \frac{A - 0,5m_s z_c}{m_s} = 1,2.$$

$$\text{Величине } \frac{1000\Delta A}{z_c} = 23,1 \text{ соответствует } \frac{1000\Delta h}{z_c} = 3,51, \text{ откуда } \Delta h = 0,1825 \text{ и } \xi_c = \Delta A + \Delta h = 1,3825.$$

При использовании графиков „а“ и „б“ для расчета внутреннего зацепления следует вместо ξ_c и z_c подставлять ξ_p и z_p .

величину $\frac{1000 \Delta A}{z_c}$ или $\frac{1000 \Delta A}{z_p}$ и из графика находим соответствующее значение величины $\frac{1000 \Delta h}{z_c}$ или $\frac{1000 \Delta h}{z_p}$ и затем Δh .

Далее находим $\xi_c = \Delta A + \Delta h$ или $\xi_p = \Delta A + \Delta h$ (см. примерные расчеты).

Если, базируясь на инструмент реечного типа, хотим сохранить неизменным радиальный зазор C , то высоту зубьев против нормальной $2fm_s + C$ надо уменьшить на величину $\Delta h m_s$, и поэтому в случае наружного зацепления получим:

$$\left. \begin{aligned} D_{e1} &= m_s (z_1 + 2f + 2\xi_1 - 2\Delta h), \\ D_{e2} &= m_s (z_2 + 2f + 2\xi_2 - 2\Delta h). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Определение S_e для колес с наружными зубьями. При проектировании передач с угловой коррекцией необходимо знать величину S_e , для того чтобы убедиться в том, что она не меньше допустимой величины.

Обычный способ определения S_e требует много времени, что сильно усложняет синтез передач.

Ниже приводится способ, позволяющий быстро определить величину S_e с совершенно достаточной точностью.

На рис. 4 показан зуб колеса с $\gamma > 0$ (т. е. $\xi > 0$). Пунктиром отмечено положение эвольвент зуба того же колеса при $\gamma = 0$, т. е. при $S_0 = S_n$. Имеем

$$S_e = S_{e0} + \frac{\gamma m_s}{r_0} R_e,$$

но $\gamma = 2\xi \sin \alpha_d$ и $r_0 = 0,5 m_s z \cos \alpha_d$,
поэтому

$$S_e = S_{e0} + \frac{4 \operatorname{tg} \alpha_d \xi}{z} R_e = S_{e0} + \frac{1,45 \xi}{z} R_e. \quad (10)$$

Величины S_{e0} в зависимости от $\frac{h'_d}{m_s}$ и z определяем из графика (рис. 5).

Пример². Требуется определить S_e для следующих данных:

$$\begin{aligned} m_s &= 8 \text{ мм}; \quad z = 15; \quad \xi = 0,604; \quad R_e = 72,32 \text{ мм}; \\ h'_d &= 12,32 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Из графика (рис. 5) находим, что при $\frac{h'_d}{m_s} = 1,54$ и $z = 15$ величина $S_{e0} = -0,125 m_s = -1 \text{ мм}$.

По формуле (10) находим:

$$S_e = -1 + \frac{1,45 \cdot 0,604}{15} \cdot 72,32 = 3,22 \text{ мм}.$$

² Данные этого примера взяты из литературы [4], для того чтобы можно было быстрее оценить, насколько проще определяется S_e с помощью предложенного способа в сравнении с обычным.

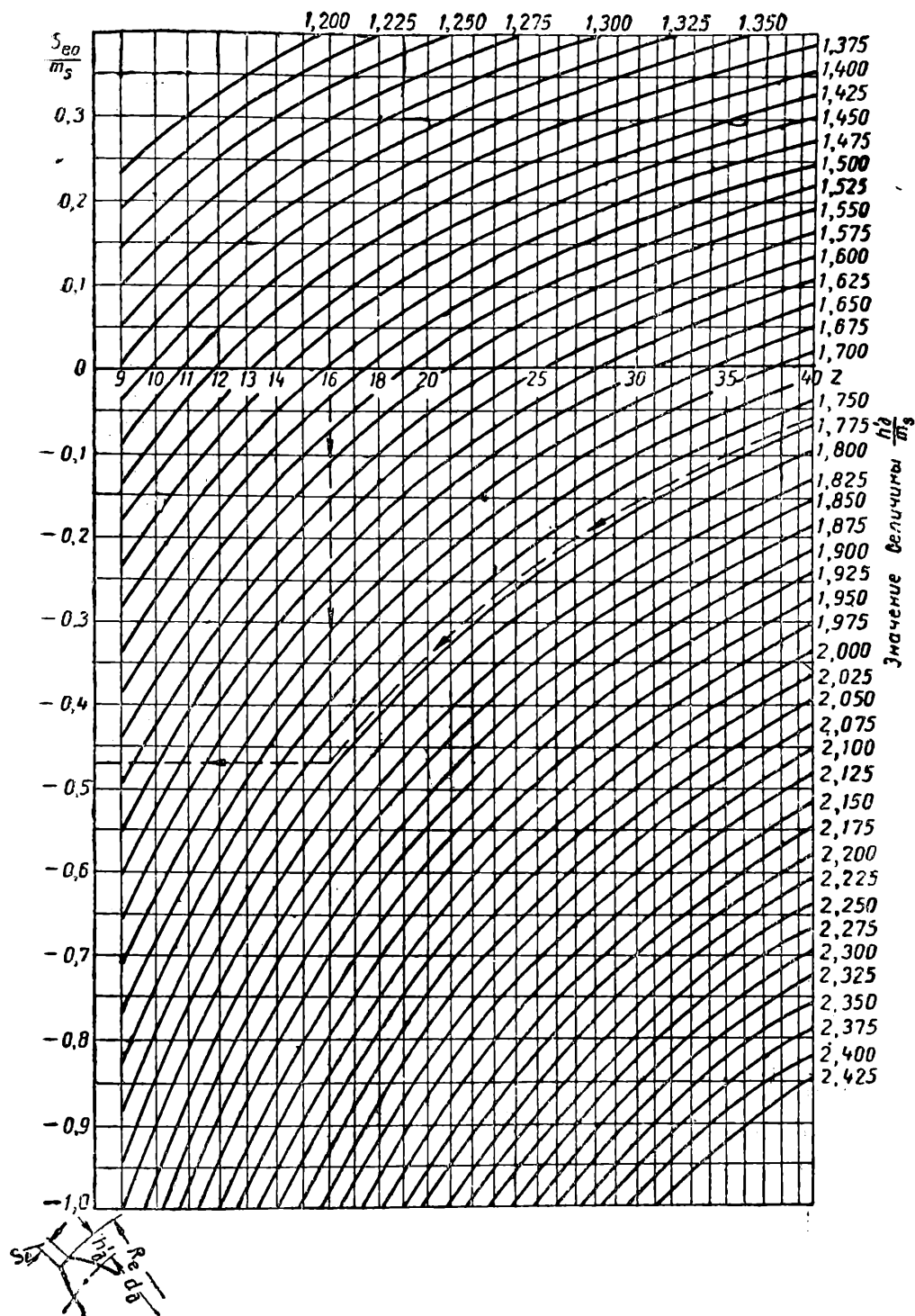


Рис. 5. Пример. Дано: $m_s = 8$ мм, $z = 16$, $\xi = 0,98$, $R_e = 78,16$ мм,

$h'_0 = 14,16$ мм. Найти S_e .

При $\frac{h'_0}{m_s} = \frac{14,16}{8} = 1,77$ и $z = 16$ (см. график) $\frac{S_{e0}}{m_s} = -0,47$, $S_{e0} = -0,47 \cdot 8 =$
 $= -3,76$ мм, $S_e = S_{e0} + \frac{1,45\xi}{z} R_e = -3,76 + \frac{1,45 \cdot 0,98}{16} 78,16 = 3,19$ мм

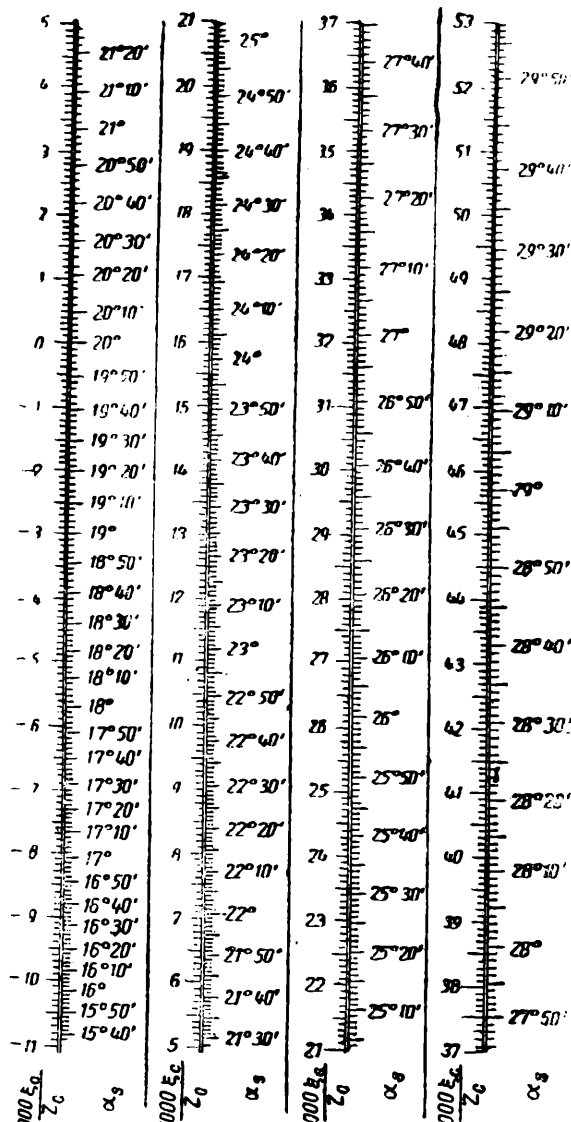


Рис. 6. График для определения угла зацепления α_s .

Пример. Дано: $z_1 = 20$, $z_2 = 39$, $\xi_1 = 0,73$, $\xi_2 = 1,02$. Найти α_s . Имеем $z_c = 59$, $\xi_c = 1,75$. Из графика находим, что величине $\frac{1000 \xi_c}{z_c} = 29,7$ соответствует угол $\alpha_s = 26^\circ 36'$

Определение угла зацепления. Угол зацепления α_s определяется из графика (рис. 6), построенного на основании формулы (5) в зависимости от величины

$$\frac{1000 \xi_c}{z_c}.$$

Погрешность при этом обычно не превышает 1, что более чем достаточно для определения коэффициента перекрытия и направления усилия между зубьями. В остальных приведенных выше расчетах угол α_s не фигурирует.

Пример. Требуется найти угол зацепления α_s для передачи, имеющей $z_1 = 18$; $z_2 = 34$; $\xi_c = 1,382$.

На логарифмической линейке находим величину $\frac{1000 \xi_c}{z_c} = \frac{1000 \cdot 1,382}{52} = 26,6$, которой в графике (рис. 6) соответствует угол $\alpha_s = 26^\circ 4' 40'' \approx 26^\circ 5'$.

Определение коэффициента перекрытия ε . Приводимый способ определения ε аналогичен предложенному Мерритом [3], но составленный нами график (рис. 7) позволяет вести расчет значительно точнее.

Коэффициент перекрытия определяется по формуле (рис. 8)

$$\varepsilon = \frac{l_1 + l_2}{\pi m_s \cos \alpha_d} = \frac{l_1 + l_2}{2,95 m_s},$$

где

$$l_1 = 0,5 \left[\sqrt{\left(\frac{d_1}{h_1'} \sin \alpha_s \right)^2 + 4 \left(\frac{d_1}{h_1'} + 1 \right)} - \frac{d_1}{h_1'} \sin \alpha_s \right] h_1' = C_1 h_1',$$

$$l_2 = 0,5 \left[\sqrt{\left(\frac{d_2}{h_2'} \sin \alpha_s \right)^2 + 4 \left(\frac{d_2}{h_2'} + 1 \right)} - \frac{d_2}{h_2'} \sin \alpha_s \right] h_2' = C_2 h_2'.$$

Подставив значения l_1 и l_2 в формулу для ε , получим:

$$\varepsilon = \frac{C_1 h_1' + C_2 h_2'}{2,95 m_s}. \quad (11)$$

Значения C_1 и C_2 в зависимости от угла зацепления α_s и отношений $\left| \frac{d_1}{h_1'} \right|$ и $\left| \frac{d_2}{h_2'} \right|$ берутся из графика (рис. 7).

Диаметры начальных окружностей определяются по формулам:

$$d_1 = d_{o1} \left(1 + \frac{2\Delta A}{z_c} \right), \quad (12)$$

$$d_2 = d_{o2} \left(1 + \frac{2\Delta A}{z_c} \right) = d_{o1} i_{12}. \quad (13)$$

В случае внутреннего зацепления в формулы (12) и (13) вместо z_c надо подставить z_p и значение C_2 брать из рис. 7, приняв

$$\frac{d_2}{h_2'} = \infty.$$

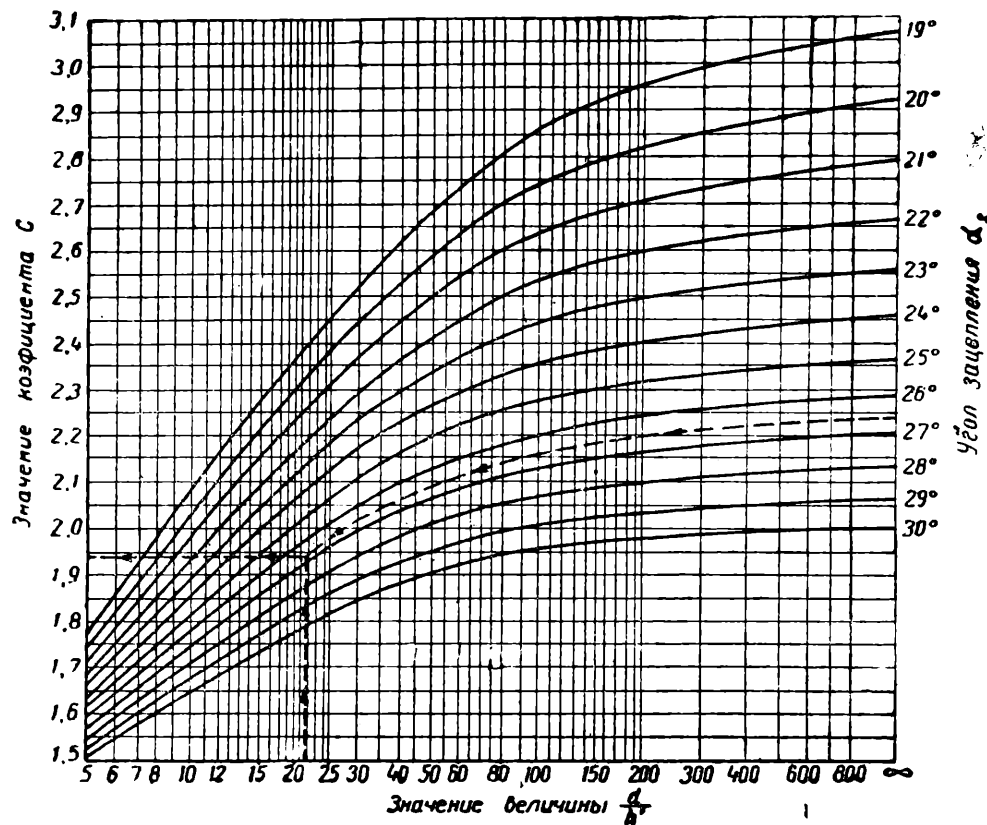


Рис. 7. График для определения коэффициента перекрытия ϵ .

Пример. Дано: $z_1 = 15$; $z_2 = 29$; $m_s = 10$ мм; $\alpha_s = 16^\circ 36'$; $d_1 = 210,15$ мм; $d_2 = 409,8$ мм; $h_1' = 9,7$ мм; $h_2' = 7,8$ мм. Найти ϵ .

Из графика находим, что величинам отношений $\frac{d_1}{h_1'} = \frac{210,15}{9,7} = 21,7$ и $\frac{d_2}{h_2'} = \frac{409,8}{7,8} = 52,6$ соответствуют $C_1 = 1,94$ (см. пункт) и $C_2 = 2,08$. Далее имеем

$$\epsilon = \frac{C_1 h_1' + C_2 h_2'}{2,95 m_s} = \frac{1,94 \cdot 9,7 + 2,08 \cdot 7,8}{2,95 \cdot 10} = 1,19$$

Порядок расчета и числовые примеры. Рассмотрим отдельно основные два случая:

1. Даны $z_1; z_2; m_s; \xi_1$ и ξ_2 . Требуется определить $A; D_{e1}; D_{e2}; d_1; d_2; S_{e1}$ и ε .

Порядок расчета. Определяем $z_c = z_2 + z_1$ и $\xi_c = \xi_1 + \xi_2$ (или $z_p = z_2 - z_1$ и $\xi_p = \xi_2 - \xi_1$). По величине $\frac{1000\xi_c}{z_c}$ (или $\frac{1000\xi_p}{z_p}$) из графика (рис. 3, а) находим величину $\frac{1000\Delta h}{z_c}$ (или $\frac{1000\Delta h}{z_p}$) и затем Δh . Далее определяем $A; D_{e1}; D_{e2}; d_1; d_2; S_{e1}$ и ε .

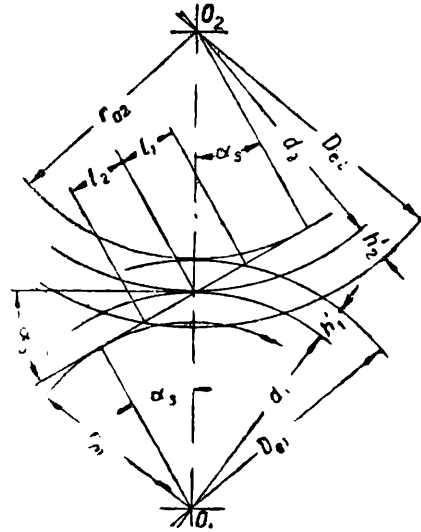


Рис. 8

Еще раз напоминаем, что для всех приведенных расчетов вполне достаточно точность логарифмической линейки.

Числовой пример. Определить основные размеры передачи наружного зацепления при следующих данных: $z_1=11; z_2=25; \xi_1=0,7; \xi_2=0,55; m_s=10$ мм; $f=1$.

Из графика „а“ (рис. 3) находим, что величине $\frac{1000\xi_c}{z_c} = 34,8$ соответствует $\frac{1000\Delta h}{z_c} = 5,48$. Отсюда $\Delta h = 0,197$.

Из формул (8а) и (9) имеем:

$$D_{e1} = 10(11 + 2 + 2 \cdot 0,7 - 2 \cdot 0,197) = 140,06 \text{ мм},$$

$$D_{e2} = 10(25 + 2 + 2 \cdot 0,55 - 2 \cdot 0,197) = 277,06 \text{ мм},$$

$$A = 10(18 + 1,25 - 0,197) = 190,53 \text{ мм}.$$

Сдвиг у малого колеса очень большой и поэтому необходимо проверить величину S_{e1} , имеем

$$h'_{d1} = 0,5(D_{e1} - d_{d1}) = 15,03 \text{ мм}.$$

Из рис. 5 находим, что при $\frac{h'_{d1}}{m_s} = 1,5$ и $z_1=11$ величина $\frac{S_{e0}}{m_s} = -0,22; S_{e0} = -2,2$ мм.

По формуле (10) вычисляем

$$S_e = -2,2 + \frac{1,45 \cdot 0,7}{11} \cdot 70,03 = 4,25 \text{ мм} = 0,425 m_s.$$

Определяем коэффициент перекрытия.

Заметив, что $\Delta A = \xi_c - \Delta h = 1,053$, из формул (12) и (13), пользуясь линейкой, получим $d_1 \approx 116,5$ мм; $d_2 \approx 265$ мм.

Далее определяем

$$h'_1 = 0,5(D_{e1} - d_1) = 11,73 \text{ мм}$$

и

$$h'_2 = 0,5(D_{e2} - d_2) = 6,038 \text{ мм}.$$

Из графика (рис. 5) получаем при $\frac{1000\xi_c}{z_c} = 3,48$ угол $\alpha_s = 27^\circ 25'$, а из графика (рис. 6) находим, что при $\alpha_s = 27^\circ 25'$ величинам $\frac{d_1}{h'_1} = 10$ и $\frac{d_2}{h'_2} = 44$ соответствуют $C_1 = 1,73$ и $C_2 = 2,01$.

Подставив найденные величины в формулу (11), получим

$$\varepsilon = \frac{1,73 \cdot 11,73 + 2,01 \cdot 6,03}{2,95 \cdot 10} = 1,1.$$

Примечание. Выполнив расчет обычным способом с помощью очень точных таблиц, получим $A = 190,537$ мм, т. е. погрешность при определении A графоаналитическим способом равняется в данном случае 7μ . Влияние этой погрешности на боковой зазор в сравнении с влиянием других факторов (верхних отклонений толщин зубьев и допусков на них, отклонений межцентрового расстояния, биений и др.) ничтожно, даже при самом точном изготовлении.

Если наш расчет произвести точнее, то обнаружим, что $\frac{1000\xi_c}{z_c} =$ не 34,8, а 34,72 и отклонение от точного значения A будет не 7μ , а $3,6\mu$.

2. Даны: A ; z_1 ; z_2 и m_s . Требуется определить: ξ_c (или ξ_p); D_e ; D_{e2} ; d_1 ; d_2 ; S_{e1} и ε .

Находим $z_c = z_2 + z_1$ (или $z_p = z_2 - z_1$), $A_0 = \frac{m_s z_c}{2}$ (или $A_0 = \frac{m_s z_p}{2}$) и $\Delta A = \frac{A - A_0}{m_s}$.

По величине $\frac{1000\Delta A}{z_c}$ (или $\frac{1000\Delta A}{z_p}$) из графика „б“ (рис. 3) находим величину $\frac{1000\Delta h}{z_c}$ (или $\frac{1000\Delta h}{z_p}$) и затем Δh и $\xi_c = \Delta A - \Delta h$ (или $\xi_p = \Delta A + \Delta h$).

После этого надо разбить ξ_c (или ξ_p) на ξ_1 и ξ_2 и определить D_{e1} ; D_{e2} ; d_1 ; d_2 ; S_{e1} и ε .

Числовой пример. Определить ξ_c для передачи наружного зацепления при следующих данных: $z_1 = 21$; $z_2 = 43$; $m_s = 10$ мм; $A = 328$ мм.

Имеем

$$A_0 = \frac{m_s z_c}{2} = 320 \text{ мм.}$$

Из графика „б“ (рис. 3) находим, что величине $\frac{1000\Delta A}{z_c} = 12,5$ соответствует $\frac{1000\Delta h}{z_c} = 1,08$. Отсюда определяем, что $\Delta h = 0,69$ и $\xi_c = \Delta A - \Delta h = 0,869$.

Примечание. Пользуясь обычным расчетом и очень точными таблицами, найдем, что $\xi_c = 0,8698$, т. е. погрешность при определении ξ_c предлагаемым способом крайне ничтожна и не имеет никакого практического значения.

Выше отмечалось, что резкое сокращение времени для выполнения расчета при пользовании предлагаемым способом открывает большие возможности в отношении синтеза эвольвентных зацеплений. При помощи этого способа инж. А. М. Хайкинд составлена таблица коэффициентов коррекции, близко удовлетворяющих условию получения максимального значения $\rho_{\min}$ при $\varepsilon = 1,13 \div 1,20$, нормальном радиальном зазоре и S_e , изменяющемся от $0,3 m_s$ до $0,4 m_s$, при $z_1 \leq 15$ и $S_e = 0,4 m_s$, при $z_1 > 15$.

Часть этой таблицы для интервала передаточных отношений i_{12} от 2 до 5 приводится в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Малое колесо (передача 1-2)				
z_1	ξ_1	d_1 при $m = 1$	D_{e1}	Δh
10	0,59	$10 + \frac{\xi_c - 0,15}{z_c} 20$	12,88	0,15
11	0,66	$11 + \frac{\xi_c - 0,16}{z_c} 22$	14,00	0,16
12	0,73	$12 + \frac{\xi_c - 0,17}{z_c} 24$	15,12	0,17
13	0,80	$13 + \frac{\xi_c - 0,18}{z_c} 26$	16,24	0,18
14	0,86	$14 + \frac{\xi_c - 0,19}{z_c} 28$	17,34	0,19
15	0,92	$15 + \frac{\xi_c - 0,20}{z_c} 30$	18,44	0,20
16	0,98	$16 + \frac{\xi_c - 0,21}{z_c} 32$	19,54	0,21
17	1,04	$17 + \frac{\xi_c - 0,22}{z_c} 34$	20,64	0,22
18	1,10	$18 + \frac{\xi_c - 0,23}{z_c} 36$	21,74	0,23

Таблица 2

Таблица коэффициентов коррекции ξ_2

$z_1 \backslash z_2^*$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20	0,397	—	—	—	—	—	—	—	—
25	0,458	0,442	0,425	—	—	—	—	—	—
30	0,517	0,501	0,486	0,471	0,463	0,458	—	—	—
35	0,571	0,556	0,542	0,528	0,522	0,518	0,512	0,505	—
40	0,625	0,610	0,596	0,582	0,577	0,575	0,569	0,564	0,560
45	0,673	0,661	0,648	0,635	0,631	0,628	0,624	0,620	0,616
50	0,721	0,709	0,696	0,685	0,675	0,682	0,677	0,674	0,671
55	—	0,754	0,745	0,734	0,732	0,731	0,728	0,727	0,722
60	—	—	0,789	0,782	0,780	0,779	0,778	0,777	0,773
65	—	—	—	0,822	0,825	0,829	0,827	0,825	0,823
70	—	—	—	—	0,866	0,870	0,872	0,874	0,871
75	—	—	—	—	—	0,909	0,914	0,917	0,920
80	—	—	—	—	—	—	0,954	0,956	0,961
85	—	—	—	—	—	—	—	0,998	1,001
90	—	—	—	—	—	—	—	—	1,030

* Для промежуточных значений z_2 величины ξ_2 определяются интерполированием.

Заданному условию удалось довольно близко удовлетворить при одном и том же Δh для каждого данного z_1 . Значения Δh даны в таблицах, и поэтому при пользовании ими отпадает необходимость

не только в таблицах эвольвентных и тригонометрических функций, но и в вышеприведенных графиках.

Точно так же можно составить таблицы значений ξ_1 и ξ_2 , обеспечивающих максимальное значение α_s при заданных S_{e1} и ε .

Таким образом расчет эвольвентных зацеплений приведенным способом требует во много раз меньше времени, чем при обычном — с помощью таблиц эвольвентных и тригонометрических функций. Точность расчетов вполне достаточна для практических целей, и возможность появления ошибок несравненно меньше. Последнее полностью подтвердилось большим опытом применения предлагаемого способа в МАЦКБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакингом Е., Цилиндрические зубчатые колеса, ОНТИ, 1935.
2. Дикер Я. И., Эвольвентное зацепление, Оргаметалл, 1935.
3. Обработанные зубчатые колеса и червячные передачи, британские стандарты, перев. А. И. Петрусевича, Каталогиздат, 1939.
4. Тевс Н. Г. и др., Редукторостроение на Ново-Краматорском заводе им. Сталина, Машгиз, 1946, стр. 45—47.

✓ Износ в зубчатых передачах

Член корр. АН УССР Б. Д. ГРОЗИН и канд. техн. наук Б. И. КОСТЕЦКИЙ

В современных зубчатых передачах различают несколько видов разрушений рабочего профиля зубьев. Наряду с обычным износом (истиранием, срезом, скалыванием, наволакиванием и заеданием) существует особый вид разрушения, характеризующийся микро- и макроскопическими трещинами, которые развиваются в осевидные углубления и впадины. Такие разрушения появляются по длине зуба в зоне начальной окружности. Этот вид износа получил название питтинга (pitting).

Существует несколько принципиально различных объяснений причин питтингового износа.

Ланчестер (Lanchester) [1] полагал, что питтинговые впадины образуются вследствие того, что металл одного зуба приваривается к металлу другого зуба на небольших площадках контакта и затем при перемещении профилей частицы металла вырываются в местах приваривания.

М. Финк и Г. Гофман (M. Fink und H. Hofmann) [2] выдвинули физико-химическую теорию питтингового износа. Она основывается на наличии процессов окисления при пластических деформациях и трении металлов. На поверхностях трения вследствие неравномерной пластической деформации окисление происходит с различной интенсивностью. Образующиеся окислы проникают в поверхностные слои и служат причиной разрушения металла зубьев.

Бакингам (Buckingham) [3], Тимошенко, Бауд (Baud) и Ульрих (M. Ulrich) [4] представили механическую теорию образования питтингов, отличающуюся некоторыми особенностями у каждого из этих авторов. Механическая теория объясняет питтинговый износ результатом чрезмерных напряжений сжатия и усталостью металла поверхностных слоев, вызываемой повторным соприкосновением кривых профилей зубьев под нагрузкой.

Наиболее современный взгляд на причины питтингового износа принадлежит советскому исследователю А. В. Осипяну [5]. Он считает

причиной появления питтингов повторные деформации волочения и смятия при одновременном качении и скольжении, направленных в разные стороны от начальной окружности, ведущие к усталости частиц металла и разрушению профиля.

Некоторые авторы, не выдвигая принципиально новых теорий образования питтингов, пытались экспериментально установить влияние отдельных факторов на питтинговый износ и определить в конкретных условиях трения пределы возникновения питтингов. К таким работам относятся исследования Вэя (Way) [6], Нимана (S. Niemann) [7], Нишихара и Кабаяси (Nishihara and Kabajashi) [8] и др.

Противоречивость в объяснениях питтингового износа можно истолковать, с одной стороны, большим числом факторов, влияющих на его возникновение и развитие и, с другой стороны, — общим методическим недостатком всех работ, проведенных в этом направлении, а именно — недооценкой сложности изучаемого явления и в связи с этим отсутствием комплексности при исследованиях.

Факторы, определяющие стойкость зубчатых колес, могут быть разделены на две группы: 1) факторы, обусловленные свойствами материала и технологическим процессом изготовления зубчатых колес, и 2) факторы, определяемые внешними воздействиями при работе зубчатых зацеплений.

Первая группа факторов в основном сводится к сопротивлению материала воздействию силам трения, равномерному распределению напряжений на площадке контакта сопряженных зубьев, физическому состоянию внутренних граничных слоев металла и их структурно-потенциальной уравновешенности.

К числу важнейших факторов необходимо отнести (как и во всех других случаях трения) характер изменения физических свойств поверхностных слоев под влиянием повторного воздействия силы трения. Местные пластические деформации, изменения структуры и удельных объемов металла на поверхностях трения вызывают возникновение внутренних остаточных напряжений, которые в сочетании с рабочими напряжениями приводят к разрушению зубьев.

Факторы второй группы, вытекающие из условий работы зубчатых колес, зависят от удельных давлений, скоростей скольжения и качения сопряженных поверхностей, качества смазки, формы профиля зуба, равномерности режима работы и др.

Методика исследования питтингового износа, принятая в настоящей работе, включает в себе комплексное изучение влияния перечисленных факторов на возникновение и процесс развития питтингов.

Исследование питтингового износа было проведено при обкатке и эксплуатации быстроходных и тяжело нагруженных зубчатых колес. Основная серия исследуемых комплектов зубчатых колес модуля $m=9$ с числами зубьев $z=12$ (ведущая шестерня) и $z=26$ (ведомая шестерня), при угле зацепления $\beta=20^\circ$, была изготовлена из стали 12Х2Н4А. Термическая обработка и цементация были произведены в заводских условиях по обычным режимам, применяемым при изготовлении тяжело нагруженных зубчатых колес из этой стали. Твердость цементированного слоя на поверхностях профиля зубьев находилась в пределах от 420 до 460 ед. Виккерса (нагрузка 5 кг). Поверхности профилей зубьев исследуемых шестерен после окончательной термической обработки были отшлифованы профильным кругом на станке, работающем методом деления. Шлифовочные риски направлены по длине зуба. Максимальная высота неровностей ($H_{\max}$), измеренная в поперечном направлении (по высоте зуба), находилась в пределах от 10 до 20 м. Число оборотов ведущей шестерни составляло 2500 об/мин; шестерни работали в условиях смазки.

Величина удельного давления между зубьями вычислялась по формуле Герца:

$$K = 0,418 \sqrt{\frac{N \cdot E}{b} \cdot \frac{\rho + \rho'}{\rho \cdot \rho'}},$$

где ρ и ρ' — радиусы кривизны профилей зубьев ведущей и ведомой шестерни в соответствующей точке зацепления. Величина удельного давления в полюсе зацепления составляла $K = 136 \text{ кг/мм}^2$.

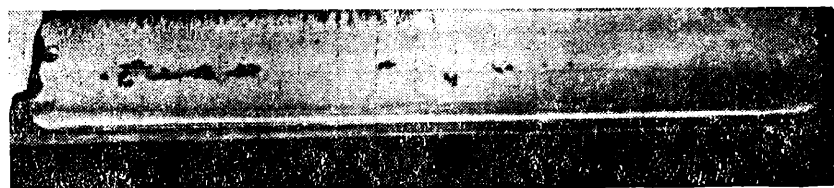


Рис. 1. Питтинговые трещины и образование впадин на отдельном зубе ведущей шестерни. $\times 1$

Время работы шестерен не определялось, однако для исследования они были отобраны с таким расчетом, чтобы можно было охватить все стадии образования и развития питтингов.



Рис. 2. Развитие питтингового износа на зубе ведущей шестерни. $\times 1$

В комплекс вопросов при изучении процесса входили: макрогеометрия износа профилей, изменений микрогеометрии поверхностей трения, а также микротвердости поверхностных слоев профиля зубьев, остаточные напряжения в поверхностных слоях профилей зубьев, микроструктура поверхности и внутренних граничных слоев в сечении зубьев.

Закономерности возникновения и развития питтинговых образований были исследованы визуально при диапазоне увеличений от пяти до тысячи.

На рис. 1 и 2 приведены фотографии отдельных зубьев исследованных шестерен. Как видно на фотографиях, питтинговые трещины и впадины расположены более или менее равномерно по длине зуба в зоне начальной окружности полосой, имеющей ширину от одного до двух миллиметров.

Исследование микрогеометрии изношенных поверхностей. На рис. 3 показан график износа поверхности рабочего профиля зуба ведущей шестерни. Макрогеометрия износа профилей зубьев исследовалась при помощи специального прибора, работающего по методу прерывистого ощупывания. Измерения производились по образующим профиля зубьев через 5 мм по длине зуба и через 1 мм по его высоте. Точность измерения была в пределах от 0,001 до 0,0005 мм.

Как видно из приведенного графика, износ рабочего профиля ведущей шестерни происходит крайне неравномерно. Максимальный износ у ведущей шестерни имеет ножка зуба. В зоне начальной окружности поверхность трения получает относительно небольшой износ и характеризуется двумя перегибами его кривой. У вершины зуба износ увеличивается.

Износ профилей зубьев ведомых шестерен также отличается большой неравномерностью. Максимальный износ приходится на го-

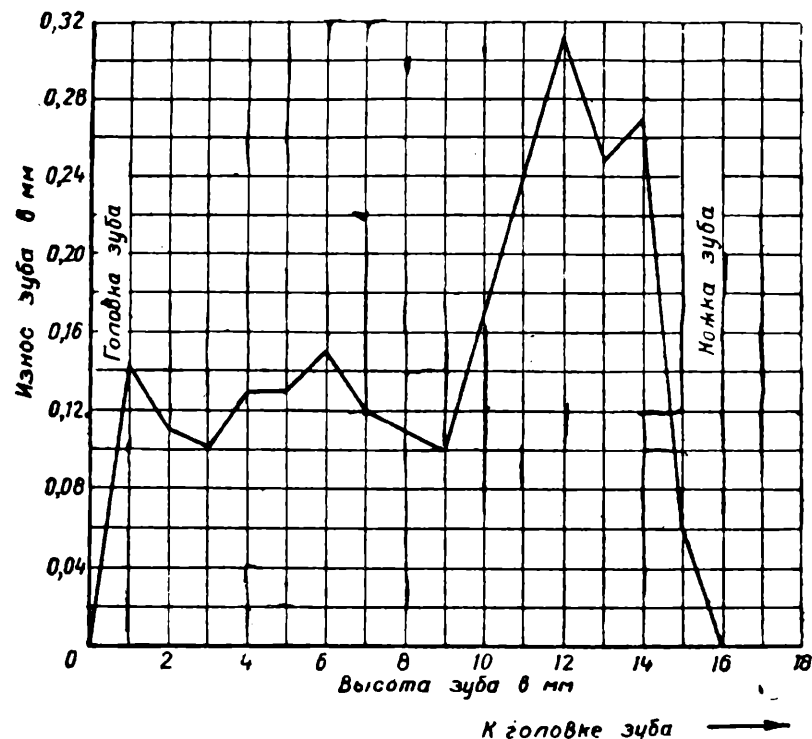


Рис. 3. Кривая износа поверхности рабочего профиля зуба ведущей шестерни

ловки зубьев, несколько меньший наблюдается у ножек зубьев. В зоне начальной окружности находятся два перегиба кривой износа.

Такой характер износа был зафиксирован на большом количестве комплектов исследуемых шестерен. Подобная неравномерность износа различных участков профилей зубьев, очевидно, вызвана специфическими условиями работы зубчатых зацеплений.

Как будет показано ниже, макроизнос рабочих профилей зубьев имеет разное происхождение. Наряду с явлениями абразивного износа, связанного с большими скоростями скольжения в районе ножки и головки зубьев, поверхностные слои металла в зоне начальной окружности испытывают большие пластические деформации сжатия и сдвига.

Макрорельеф изношенных профилей ведущей и ведомой шестерен показан на рис. 4 и 5.

Следует отметить, что область образования питтингов находится в характерном месте макрорельефа профиля зубьев ведущей и ведомой шестерен, а именно у перегиба кривой профиля со стороны начальной окружности. При этом начало образования питтинговых трещин относится к самой высокой точке профиля, а затем область питтингового износа распространяется в сторону начальной окружности.

Микрогеометрия изношенных поверхностей трения. В результате износа на поверхностях трения ведущей и ведомой шестерен создается специфический рельеф, резко отличающийся от исходной микрогеометрии шлифованных поверхностей. Было установлено, что вся поверхность профиля по высоте зуба делится на три зоны, параллельные к образующим профилей зубьев.

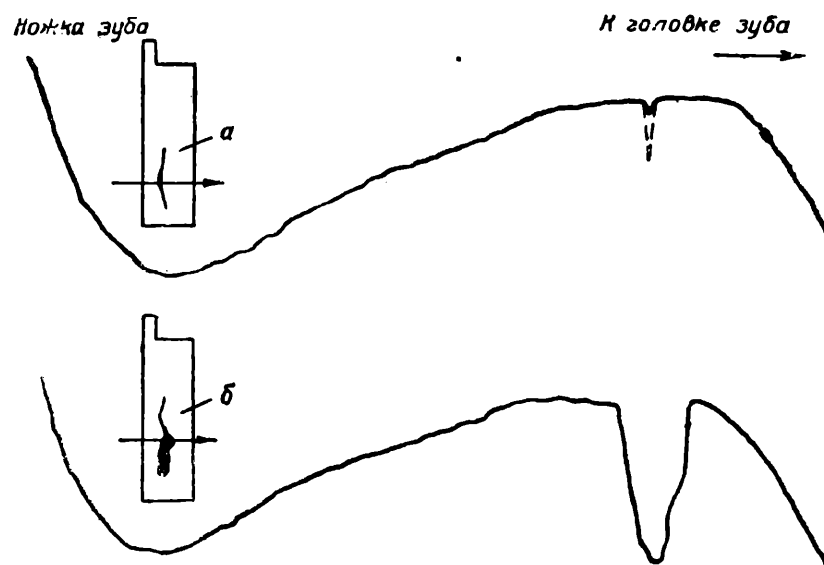


Рис. 4. Макрорельеф изношенного профиля ведущей шестерни. Профилограмма поверхности зуба ведущей шестерни в районе питтинговых трещин *а* и *б*

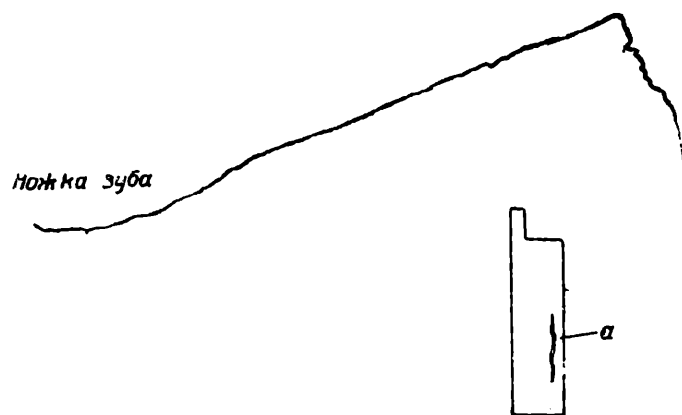


Рис. 5. Макрорельеф изношенного профиля ведомой шестерни. Профилограмма поверхности зуба ведомой шестерни в районе питтинговых трещин *а*

Первая зона захватывает ножку зуба и распространяется до перехода в область начальной окружности. Эта зона имеет микрорельеф, характерный для поверхностей, образованных трением скольжения. Величина $H_{\max} = 0,5 - 1,0 \mu$ (рис. 6).

Вторая зона расположена в области начальной окружности и имеет микрогеометрию, типичную для поверхностей трения качения. Поверхность этой зоны отличается большой гладкостью и имеет вид полированного металла (рис. 7).

Третья зона начинается выше начальной окружности и распространяется до вершины зубьев. Как и первая, эта зона имеет явно вы-

раженный характер поверхности, образованной трением скольжения. Величина $H_{\max}$ этой зоны достигает 1,0—1,5 μ .

На рис. 8, 9 и 10 стрелками показан переход от зоны трения качения (вторая зона) к зоне трения скольжения (третья зона). В случае, приведенном на рис. 10, этот переход осложнен явлением наволакивания металла в зоне трения скольжения. Здесь обращает на себя внимание полное отсутствие плавного перехода между второй



Рис. 6. Поверхность трения скольжением. $\times 600$

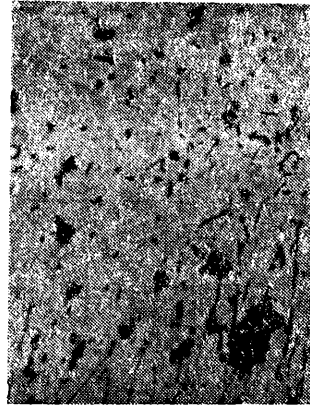


Рис. 7. Поверхность трения качением. $\times 600$



Рис. 8. Переход от зоны трения качения (вторая зона) к зоне трения скольжения (третья зона). $\times 10$



Рис. 9. Переход от зоны трения качения (вторая зона) к зоне трения скольжения (третья зона). $\times 200$



Рис. 10. Явление наволакивания металла у границы зоны трения качения. $\times 200$

и третьей зонами. Граница между зонами трения качения и трения скольжения точно соответствует месту перегиба макропрофилей зубьев, показанных на рис. 4 и 5.

Заслуживает внимания еще одно обстоятельство, относящееся к микрогеометрии питтинговавших поверхностей. Большое количество замеров показывает, что по длине зуба глубина питтинговых впадин изменяется в больших пределах (от 0,1 до 0,3 мм), однако величина верхнего и нижнего пределов сохраняется постоянной.

Твердость поверхностных слоев профиля зубьев. Измерение твердости поверхностных слоев производилось по всему профилю от ножки до головки зуба через 0,5 мм при помощи прибора Диритест вдавливанием алмазной пирамиды с нагрузкой 100 г.

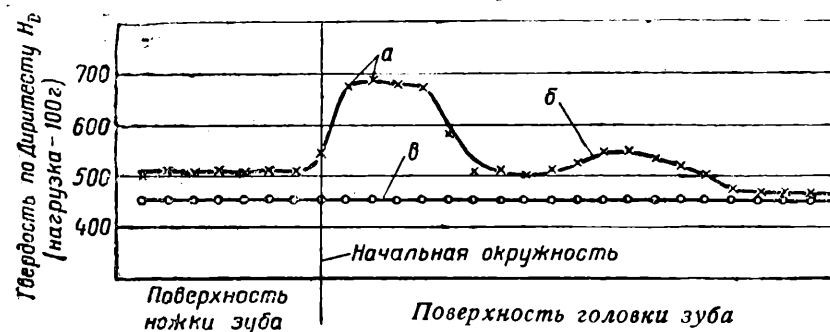


Рис. 11. Измерение микротвердости по профилю зуба ведущей шестерни.

a — область образования питтингов; *б* — твердость поверхности после износа; *в* — твердость неизношенной поверхности

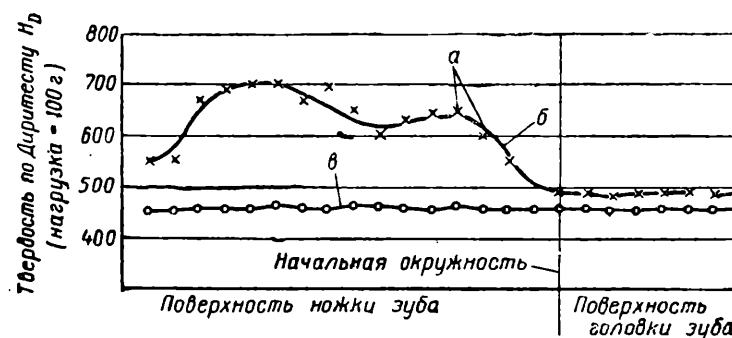


Рис. 12. Измерение микротвердости по профилю зуба ведомой шестерни.

a — область образования питтингов; *б* — твердость поверхности после износа; *в* — твердость неизношенной поверхности

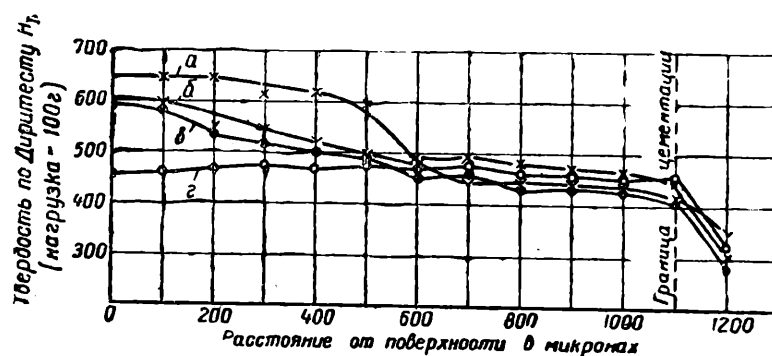


Рис. 13. Измерение микротвердости в сечении поверхностных слоев ведущей шестерни.

a — начальная окружность; *б* — головка зуба; *в* — ножка зуба; *г* — шлифованная поверхность

Твердость в сечении поверхностных слоев измерялась на глубину 1,0 мм от поверхности через 0,1 мм в обеих зонах скольжения и в зоне качения. Результаты измерения твердости показаны на рис. 11, 12 и 13.

Твердость, измеренная при помощи прибора **Диритест**, рассчитывается в соответствии с принципом действия этого прибора вдавливанием алмазной пирамиды типа Виккерса по обычным формулам, применяемым для определения расчета макро- и микротвердости.

Из приведенного видно, что твердость поверхностных слоев профилей зубьев ведущей и ведомой шестерен изменяется по разному при работе зубчатых зацеплений.

Отметим закономерные особенности в этих изменениях. Для ведущей шестерни, принимая твердость исходной шлифованной поверхности за 100%, твердость первой зоны (скольжение по ножке зуба) будет равна 115%, твердость второй зоны (качение в районе начальной окружности) — 150%, твердость третьей зоны (скольжение по головке зуба) ~ 120%. Ведомая шестерня имеет соответственно твердость первой зоны 140%, второй — 130%, третьей — 105%. По глубине слой измененной твердости имеет величину (для ведущей шестерни) от шлифованной поверхности — 0 мм, от поверхности первой зоны 0,2—0,3 мм, от поверхности второй зоны 0,55 мм и от поверхности третьей зоны 0,3—0,4 мм.

Приведенные данные указывают на наличие сложного пластического деформирования тонких поверхностных слоев металла, которое имеет различное значение по высоте зуба и подчиняется определенным закономерностям в случае профилей ведущей и ведомой шестерен.

Остаточные напряжения в поверхностных слоях профилей зубьев

Примененный метод исследования внутренних напряжений основывается на прямом прецизионном измерении деформаций на изучаемой поверхности после снятия напряжений [9]. Деформации измеряются на металлмикроскопе с помощью окулярмикрометра при увеличении в 500 раз. Расстояния измеряются внутри тонкой сетки, нанесенной на исследуемой поверхности с помощью алмаза и специального приспособления. Напряжения в поверхностных слоях снимаются вытравливанием щелей внутри сетки.

Измерение деформаций в поверхностных слоях и ориентировочный расчет остаточных напряжений были выполнены для всех трех зон рабочего профиля зуба питтинговавшей ведущей шестерни.

Результаты этого исследования приведены в таблице.

Исследуемая поверхность	Величина (кг/мм ²) и знак остаточных напряжений	Глубина напряженного слоя, мм
Зоны трения скольжения на ножке зуба ¹	+ 30	0,10
Зона трения качения в районе начальной окружности ²	— 200	0,30
Зона трения скольжения на головке зуба ³	— 120	0,15
Исходная шлифованная поверхность зуба	+ 15	0,10

¹ Измерение деформаций производилось в двух точках; указано среднее значение напряжений.

² Измерение деформаций производилось в пяти точках; в таблице дано среднее значение напряжений.

³ Указано среднее значение напряжений по трем замерам.

К сожалению, по техническим причинам не были исследованы напряжения для изношенного профиля ведомой шестерни.

Можно считать, что остаточные напряжения в поверхностных слоях питтинговавшей шестерни являются напряжениями первого рода и возникают вследствие неравномерных пластических деформаций металла в процессе работы зубчатого зацепления.

Здесь уместно отметить, что при явлениях усталости металла возникают напряжения второго и третьего рода [10, 11], при отсутствии напряжений первого рода.

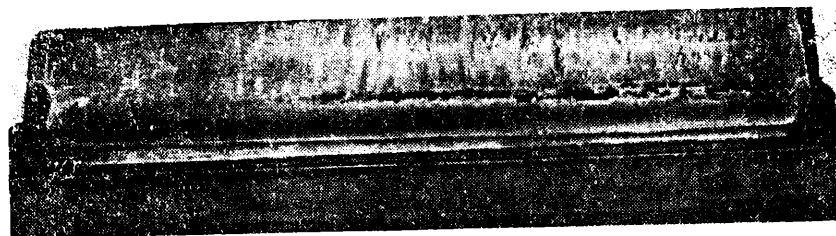


Рис. 14. Травленая поверхность питтинговавшего зуба. $\times 1$



Рис. 15. Микроструктура специфического белого слоя в районе питтингового износа. $\times 600$

Микроструктура поверхностных слоев профилей зубьев. Поверхность профиля зуба ведущей шестерни после травления 4% раствором азотной кислоты в этиловом спирте показана на рис. 14. Поверхность металла в зоне трения скольжения на головке зуба имеет явно повышенную травимость. Поверхность зоны трения качения, а также ножки зуба травятся меньше.

Металлографическое исследование в разных сечениях поверхностей профиля при обычных методах травления не дало существенных изменений микроструктуры металла. Однако при замедленном травлении шлифов в парах азотной и соляной кислот выявился в районе образования питтингов (зона качения) не травящийся белый слой, резко отделяющийся от структуры основного металла.

На рис. 15 видна микроструктура специфического белого слоя, появляющегося в зоне начальной окружности профиля зубьев. Структура слоя (указана стрелой) напоминает микроструктуру термически обработанной стали, испытавшей локальную пластическую динамическую деформацию при весьма высокой концентрации напряжений. На рис. 16 показана такая микроструктура, полученная в поверхностных слоях образцов, изготовленных из закаленной стали У10А и деформированных в обоймах взрывом. Стрелкой отмечена неизвестная белая составляющая.

При исследовании микроструктуры поверхностных слоев профилей зубьев был также изучен характер образования и развития питтинговых трещин. Оказалось, что они существенно отличаются от обычных трещин усталости, характеризуются большим количеством хорошо развитых линий сдвигов, а у концов густыми, разветвленными системами линий сдвигов, напоминающими по форме корневище (луковицу) [12]. Типичная питтинговая трещина показана на рис. 17.

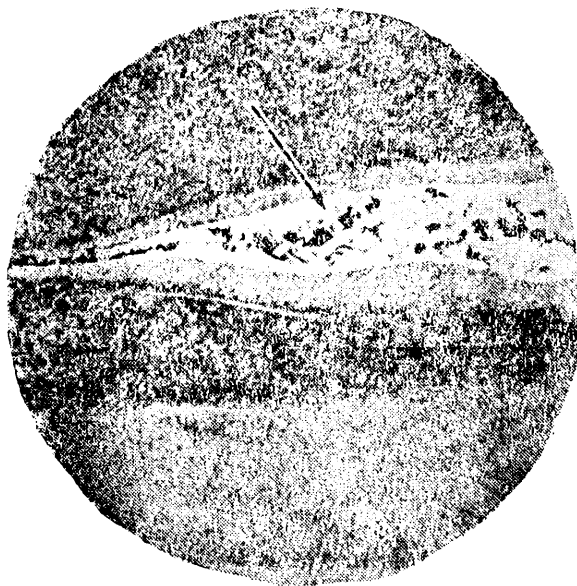


Рис. 16. Специфическая микроструктура поверхностного слоя образца, испытавшего деформацию взрывом в обойме. Сталь У10А. $\times 500$

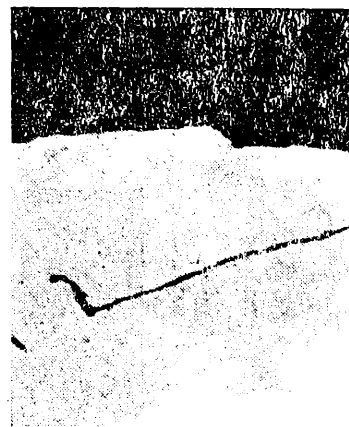


Рис. 17. Питтинговая трещина в сечении профиля зуба ведущей шестерни. $\times 200$

Механизм образования и развития питтингов. Металл поверхностных слоев зубчатых колес в условиях работы находится в объемном неравномерно-напряженном состоянии. Причинами образования разрушающих напряжений являются:

- а) рабочие напряжения, возникающие под действием передаваемого усилия, при одновременном качении и скольжении;
- б) концентрация локальных остаточных напряжений разной величины, образующихся в результате пластического динамического деформирования металла поверхностных слоев, при работе зубчатых зацеплений;
- в) поддерживающее и ограничивающее влияние недеформированного металла, который окружает деформированные зоны и обуславливает появление напряжений первого рода.

Характер эпюры контактных напряжений зависит от состояния поверхности и изменяется по мере ее приработки.

В начальный период работы на эпюре напряжений будут места концентрации их, а вся эпюра будет носить характер искаженной кривой с рядом пик. Пики будут тем больше по абсолютной величине и меньше по числу, чем грубее обработана поверхность. В этот период происходит полусухое трение. Вершины неровностей поверхности непосредственно воспринимают приложение нагрузки без уравнивающего воздействия смазки. Величина таких рабочих напряжений значительно выше расчетных и находится за пределами текучести.

В случае, если рабочие поверхности профилей зубьев были сильно ослаблены (некачественной) механической обработкой, вызвавшей

изменения микроструктуры поверхностных слоев и образование больших остаточных напряжений, то питтинговые разрушения могут появиться в начальном периоде работы зубчатого зацепления.

Высказанное положение убедительно подтвердилось при исследовании питтингов в быстроходных редукторных шестернях. Шестерни были изготовлены из стали 12ХНА, зацементированы и нормально термически обработаны в заводских условиях. Рабочие поверхности профилей зубьев были отшлифованы на станке Мааг специальными кругами. Шлифование с увеличенными режимами привело к структурным изменениям в поверхностных слоях, изменению свойств и возникновению больших остаточных напряжений. Специальные экспериментальные исследования обнаружили остаточные напряжения, возникающие в поверхностных слоях недостаточно хорошо отшлифованной закаленной стали. Они достигают величины 200 кг/мм^2 [9].

Образование питтингов исследовалось в период приработки опытных шестерен.

Рис. 18 иллюстрирует начальную стадию образования питтинга. Стрелками *a*, *b* указаны места шелушения. В этой стадии приработки сняты и затянуты неглубокие царапины, более глубокие — сужены и развиваются в трещины, которые в сочетании с местами шелушения образуют питтинговые впадины.



Рис. 18. Образование питтингов в период приработки редукторных шестерен, имеющих шлифовочные дефекты в поверхностных слоях. $\times 200$



Рис. 19. Образование питтингов в период приработки редукторных шестерен, имеющих шлифовочные дефекты в поверхностных слоях. $\times 200$

На рис. 19, также показывающем начальную стадию развития питтинга, отчетливо видно постепенное развитие трещин и в ширину и в глубину.

Стрелкой *a* отмечено начало отделения небольших частиц металла и образования очага питтинга, а стрелкой *b* — аналогично большое

его развитие. Здесь ясно заметна постепенная овализация контура очага питтинга. Стрелка *в* показывает прямую трещину, а пунктир — постепенное закругление и овализацию очага питтинга, обломки острых краев которого также видны на рисунке.

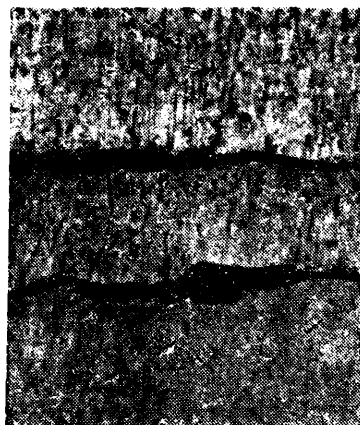


Рис. 20. Первичные питтинговые трещины в плане. $\times 100$



Рис. 21. Первичные питтинговые трещины в плане. $\times 200$

Все трещины и контуры питтинговых впадин во всех случаях ориентированы по направлению шлифовочных рисок (пунктирные стрелки) как в этом случае образования в самом начале овальной формы кратера, так и во всех других.



Рис. 22. Расположение питтинговых трещин на границе зоны качения и скольжения по головке зуба. $\times 200$

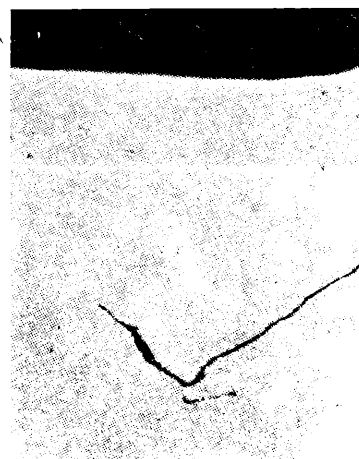


Рис. 23. Первичная питтинговая трещина в сечении. $\times 200$

Глубина питтинговых впадин на шестернях, многократно исследованная авторами, находилась в пределах 0,01—0,02 мм.

Если прочность поверхностных слоев выше контактных напряжений, возникающих во время работы зубчатых колес, то питтинговые разрушения образуются позднее и являются следствием суммарного действия рабочих и остаточных напряжений. В этом случае

указанные напряжения возникают вследствие постепенного усиления остаточных деформаций при повторных смятиях поверхностных слоев металла.

На рис. 20 и 21 показаны питтинговые трещины в плане. В наиболее общем случае одновременно образуется несколько параллель-



Рис. 24. Образование питтинговых впадин. $\times 100$

ных трещин (а не одна трещина, как это бывает при усталостных разрушениях). При этом расстояния между отдельными трещинами определяются глубиной напряженного слоя.



Рис. 25. Образование питтинговых впадин. $\times 100$

Трещины обычно располагаются перпендикулярно к направлению действующих усилий и почти строго параллельно к границе зон качения и скольжения по головке зуба. Эта граница соответствует

переходу между двумя областями различных остаточных напряжений и различных глубин упрочненного слоя.



Рис. 26. Образование питтинговых впадин. $\times 100$



Рис. 27. Отделение частиц металла при образовании питтинговых впадин. $\times 400$

Питтинговые трещины в начальный период износа расположены в верхней части зоны трения качения, имеющей отчетливые границы с зоной трения скольжения по головке зуба (рис. 8 и 22). При дальнейшем развитии питтинговых образований центр расположения последних несколько смещается по направлению к ножке зуба (для ведущей шестерни).

На рис. 23 и 17 показаны первичные или предпиттинговые трещины в сечении. Эти трещины образуются с поверхности профиля. Большинство таких трещин распространяется в направлении движения точки зацепления по профилю зуба под некоторым углом к поверхности профиля, очевидно, в плоскостях действия наибольших касательных напряжений. Предпиттинговые трещины обычно имеют одинаковую глубину, присущую условиям работы данного комплекта шестерни.

Предпиттинговые трещины отличаются от обычных трещин усталости четкостью очертаний, отсутствием разветвленной системы линий сдвига и формой окончаний. Хорошо развитые предпиттинговые трещины в дальнейшем зачастую выходят опять на поверхность профилей зубьев. Если зарождение трещины следует отнести целиком за счет рабочих и локальных остаточных напряжений, то дальнейшее развитие их происходит при участии явлений коррозии металла (Алмен), расклинивающего действия смазки (Вэй) и усталости материала (Осипян, Бакингом, Ульрих). Трещины в дальнейшем развиваются в питтинговые впадины (рис. 24, 25 и 26). Отделение частиц металла поверхностных слоев показано на рис. 27. Питтинговые впадины являются очагами концентрации напряжений. Поэтому в зоне их действия возникают и развиваются вторичные питтинговые трещины (рис. 28), ко-

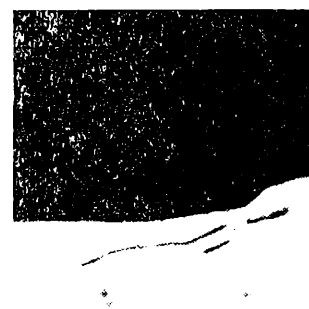


Рис. 28. Вторичные питтинговые трещины. $\times 200$

которые углубляют существующие впадины и образуют новые осповидные ответвления (рис. 29).

В сильно изношенных профилях зубьев питтинговые впадины сливаются в группы и по длине и по высоте. Указанные закономерности в основном были получены при исследовании питтингового износа на ведущих шестернях.

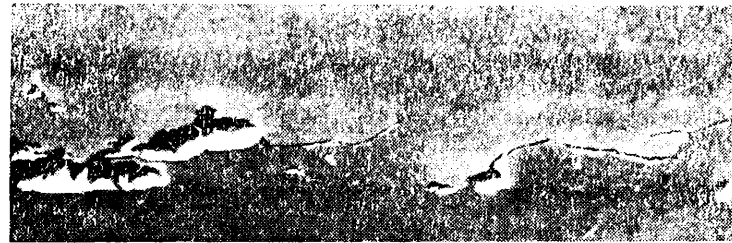


Рис. 29. Дальнейшее развитие питтингового износа. $\times 50$

В ведомых шестернях интенсивность питтингового износа меньшая. Это объясняется меньшей неравномерностью распределения рабочих контактных напряжений, что в свою очередь создает меньшие неравномерности упрочнения и остаточных напряжений в зоне качения, чем у ведущих шестерен.

В заключение можно отметить, что металл внутренних граничных слоев поверхностей трения зубчатых колес находится в объемном неравномерно напряженном состоянии.

Причинами образования питтинговых трещин являются: рабочие напряжения сжатия и сдвига, возникающие под действием передаваемого усилия при одновременном качении и скольжении и достигающие величины порядка $100\text{--}150\text{ кг/мм}^2$, а также остаточные напряжения первого рода. Они образуются, во-первых, в результате механической обработки поверхностей профиля зубчатых колес, достигая при недостаточно доброкачественном шлифовании закаленной стали $150\text{--}200\text{ кг/мм}^2$ и, во-вторых, вследствие пластического динамического деформирования металла поверхностных слоев при работе зубчатых зацеплений, в этом случае напряжения достигают величины порядка 200 кг/мм^2 .

Дальнейшее развитие питтинговых трещин и образование питтинговых впадин обусловлено явлениями усталости металла, концентрацией напряжений, окислением и расклинивающим действием смазки в условиях повторных приложений нагрузки трения качения в сочетании с трением скольжения и сложным процессом динамического пластического деформирования поверхностных слоев профилей зубьев при работе¹.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lanchester F. W., Spur Gear Erosion, „Engineering“, 1921, p. 733.
2. Fink M. und Hofmann H., Abnutzung von Zahnrädern, „VDI“, 1933, Bd. 77, № 36.
3. Buckingham Z., Qualitative analysis of Wear, „Mech. World“, № 2645.
4. Ulrich M., Zur Frage der Grubchenbildung bei Zahnrädern, „VDI“, 1931, Bd. 78, S. 53, 54.
5. Осипян А. В., „Вестник металлопромышленности“ № 1, 1938.
6. Way, How to reduce Surface Fatigue, „Machine Design“, 1939, март.
7. Nieman L., „VDI“, 1943, Bd. 87, № 33/34, S. 521—523.

¹ В экспериментальных исследованиях принимал участие инж. П. К. Топеха.

8. Nichichaga and Kabajachi, „Transaction Society of Mech. Eng. Japan“, 1937, № 3.
9. Костецкий Б. И., Прецизионный метод измерения остаточных напряжений в тонких поверхностных слоях металлов, Рукопись ИСМ АН УССР, 1947.
10. Виккер, Журнал технической физики, 1940, X, 16.
11. Терминосов и Коган, Журнал технической физики, 1940, X, 11.
12. Афанасьев Н. Н., Статическая теория усталости металлов, докторская диссертация, ИСМ АН УССР, 1945.

Исследование многодисковых фрикционных муфт¹

Канд. техн. наук Ю. А. РОЗЕНБЕРГ

Многодисковая фрикционная муфта широко применяется в различных станках, транспортных машинах, оборудовании для строительной, пищевой и ряда других отраслей промышленности. Однако данные по расчету муфт и прежде всего значения коэффициентов трения и допустимых удельных давлений на диски в имеющихся справочниках и руководствах отличаются значительной разноречивостью. Проведенное автором исследование имело целью получить данные для расчета и выбора многодисковых муфт в условиях их применения в современном машиностроении.

Ниже описываются эксперименты по трению и износу фрикционных дисков из различных материалов².

Характеристики исследовавшихся дисков приводятся в табл. 1.

Все опыты с дисками, работающими в масле, были проведены на двухсторонней многодисковой муфте Московского станкозавода им. Орджоникидзе (рис. 1), а с дисками, работающими всухую, — на специальной односторонней муфте. Обе муфты имели рычажные механизмы включения.

Муфты испытывались на специальной машине (рис. 2). С этой целью они монтировались на испытательном валу АВ, который закреплялся своими фланцами. При смене дисков в муфтах вал вынимался из машины.

При испытаниях на трение ведомые части муфт могли намертво затормаживаться ленточными тормозами 7, что позволяло испытывать муфты при постоянном скольжении. При испытаниях на износ вместо тормозов ставились маховики, так что муфты при включении производили разгон масс с общим приведенным к валу муфты моментом инерции $5,7 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot \text{сек}^2$. Это соответствует приведенному моменту инерции коробки скоростей токарного станка ДП20 при наибольшей скорости шпинделя.

В процессе испытаний крутящий момент муфты измерялся электрическим крутильным динамометром 2 емкостного типа, встроенным между приводным шкивом и испытуемой муфтой. Усилия сжатия дисков определялось аналогичными динамометрами сжатия 4, смонтированными на испытательном валу. На этом же валу помеща-

¹ Подробнее см. Ю. А. Розенберг, Исследование многодисковых фрикционных муфт, ЭНИМС, Москва, 1946.

² Кроме того, были проведены испытания многодисковых муфт на нагрев и на работу механизмов включения.

Таблица 1

Основные диски			Парные диски	Смазка
материал и термиче- ская обработка	характер поверхности	твердость		

Опыты по трению				
Ст-15, цементирован- ная и закаленная .	Нешлифован- ные	52—64 H_{RC}	Такие же	Полив машин- ным маслом (0,25 л/мин)
То же	Шлифованные $H_{ск}=0,5-0,8 \mu$	37—61 H_{RC}	То же	То же
Текстолит ПТ (ГОСТ 5—40) . . .	—	—	Ст-15, незака- ленные, нешли- фованные	" "
Асбест прессованный (ГОСТ 1786—42) .	—	—	Ст-45, незака- ленные, шлифо- ванные	Всухую

Опыты по износу				
Ст-15, цементи- ванная и закаленная	Нешлифован- ные	52—64 H_{RC}	Такие же	Полив машин- ным маслом (0,5 л/мин)
То же	Шлифованные $H_{ск}=0,2-0,4 \mu$	37—61 H_{RC}	То же	То же
Чугун серый	▽▽	143 и 210 H_B	Ст-45, закален- ные, шлифован- ные	Всухую

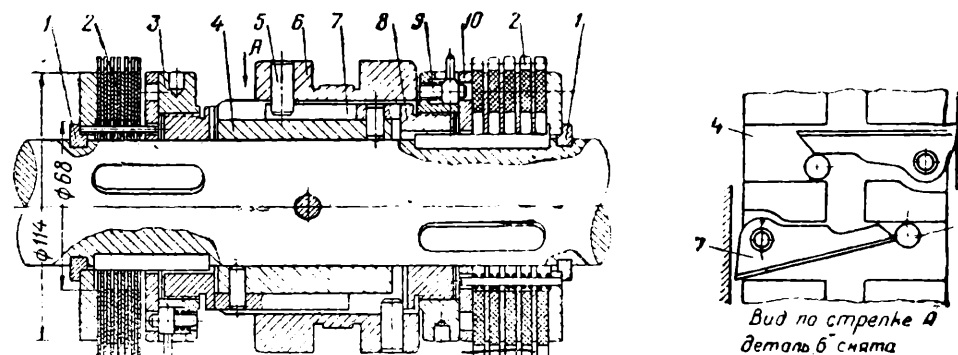


Рис. 1. Многодисковая муфта, подвергавшаяся испытаниям.

1 — упорное кольцо; 2 — фрикционные диски (слева — стальные, справа — текстолитовые); 3 — регулировочная гайка; 4 — втулка механизма включения; 5 — переводной штифт для включения кулачков; 6 — переводное кольцо для включения муфты; 7 — кулачок; 8 — упорная втулка; 9 — фиксатор; 10 — делительная шайба

лись электрические прерыватели 5 для отметки скольжения дисков и термopара для измерения их температуры. Все три устройства монтировались с каждой стороны муфты; они присоединялись к токоcъемникам 3 и через контактные кольца со щетками связывались посредством проводов с измерительными приборами.

Испытания по трению

Испытания по трению заключались в постепенном нагружении включенной вращающейся муфты моментом от тормоза 7. Как только этот момент оказывался равным по величине максимальному крутящему моменту муфты, диски начинали скользить, после чего

опыт заканчивался. Крутящий момент записывался на шлейфовом осциллографе.

При испытаниях стальных нешлифованных и текстолитовых дисков крутящий момент муфты при начале скольжения резко падал (рис. 3), что объясняется переходом трения покоя в трение сколь-

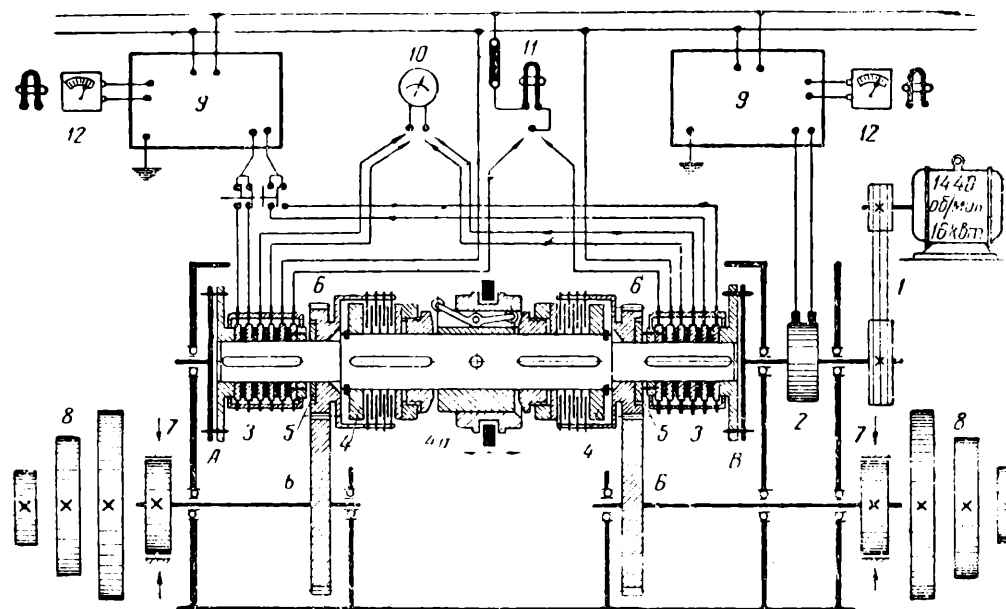


Рис. 2. Схема испытательной установки.

1 — клиноременная передача; 2 — крутильный динамометр; 3 — токосъемники; 4 — динамометры сжатия; 4а — испытуемая муфта; 5 — прерыватели; 6 — шестерни; 7 — тормоз; 8 — сменные маховики; 9 — преобразующие аппараты к динамометрам; 10 — гальванометр к термодарам; 11 — шлейф прерывателя; 12 — шлейф или гальванометр преобразующего аппарата 9. АВ — испытательный вал

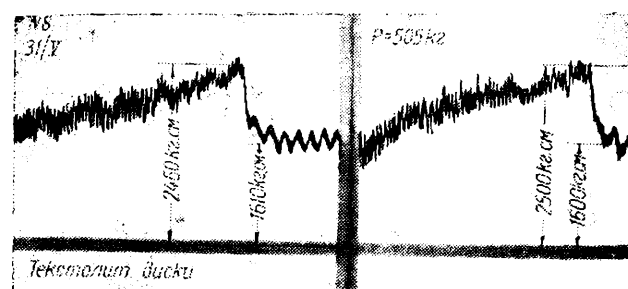


Рис. 3. Образец осциллограммы крутящего момента муфты при испытаниях на трение (два последовательных опыта).

На рисунке видно нарастание передаваемого муфтой крутящего момента при постепенном затягивании тормоза и последующее резкое падение момента вследствие перехода трения покоя дисков в трение скольжения

жения. На осциллограммах крутящего момента стальных шлифованных дисков этот переход был выражен менее заметно, а у асбестовых дисков его не было совсем.

Все испытания проводились при 640 об/мин вала муфты, что соответствовало окружной скорости на среднем диаметре стальных и текстолитовых дисков $v = 3,1$ м/сек и асбестовых $v = 6,3$ м/сек.

По осциллограммам определялся крутящий момент: наибольший, перед началом скольжения дисков, и наименьший, соответствующий их скольжению (рис. 3). По первому моменту вычислялся статиче-

зания в них имеется сухое трение, величина которого определяется статическим коэффициентом трения μ_0 . Поскольку вокруг площадок контакта все время сохраняется масло, то при „трогании с места“ дисков возникают уже условия полусухого трения с соответственным уменьшением коэффициента трения.

По мере приработки дисков площадь контакта увеличивается. Одновременно на их поверхности образуются мелкие впадины, риски и тому подобные углубления, где может задерживаться масло. Удельное давление на фактической площади контакта уменьшается, условия для образования масляного слоя между дисками становятся более благоприятными, и кинематический коэффициент трения в результате оказывается более низким, чем у новых дисков с грубыми поверхностными макро-неровностями.

Такая гипотеза находит в некоторой степени подтверждение в том факте, что у шлифованных дисков значения μ_v и μ_0 почти одинаковы. Лучшее качество поверхности, ровная площадь контакта и отсутствие впадин, где могло бы задерживаться масло, приводят к сохранению тонкого масляного слоя на поверхности контакта во включенной муфте вплоть до начала скольжения, вместе с тем не появляются причины для изменения условий трения и смазки после начала скольжения. В силу этого коэффициент трения у шлифованных дисков мал в статическом состоянии, но после начала скольжения он почти не уменьшается.

Зависимость $\mu_v = f(p)$ носит такой же характер, как и зависимость $\mu_0 = f(p)$, т. е. с увеличением давления, μ_v уменьшается. По мере приработки нешлифованных дисков μ_v также быстро уменьшается.

Значения μ_0 , полученные для текстолитовых дисков, равны от 0,17 (при $p = 3 \text{ кг/см}^2$) до 0,12 (при $p = 8 \text{ кг/см}^2$), а значения μ_v при $v = 3,1 \text{ м/сек}$ и при указанных давлениях соответственно равны от 0,11 до 0,08. В среднем из всех опытов $\mu_v = 0,70 \mu_0$.

Для асбестовых дисков при $p = 1,0 - 1,2 \text{ кг/см}^2$, $v = 6,1 \text{ м/сек}$, статический и кинематический коэффициенты трения оказались одинаковыми и равными 0,3.

Испытания по износу

При испытаниях по износу диски ставились в муфту, которая через каждые 20 сек. включалась на разгон маховых масс с приведенным моментом инерции $5,7 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot \text{сек}^2$. Скорость муфт была 1200 об/мин. Перед испытаниями муфты регулировались на определенный крутящий момент, нормальный для данной муфты. В процессе испытания велось непрерывное наблюдение за изменением крутящего момента по гальванометру.

Удельная работа трения стальных дисков при одном включении муфты была равна $0,685 \text{ кгм/см}^2$. Наибольшая скорость дисков на среднем диаметре составляла $5,7 \text{ м/сек}$.

Разнообразие твердости дисков давало возможность попутно выяснить ее влияние на износ.

Задача испытаний состояла в том, чтобы определить сравнительный износ нешлифованных и шлифованных дисков, а также проследить за характером изменения крутящего момента муфты по мере износа. Критериями сравнения были взяты изменение крутящего момента в процессе эксплуатации муфты и весовой износ дисков.

Крутящий момент измерялся непрерывно в течение 500 включений, причем регулирование муфты за это время не производилось. После 500 включений муфта вновь регулировалась на первоначальный крутящий момент. Всего с каждым комплектом дисков было

проделано по 3 таких опыта по 500 включений. Весовой износ дисков определялся взвешиванием их до испытаний, после 500 и 1500 включений.

Испытанию подвергались 2 пакета нешлифованных и 1 пакет шлифованных дисков. Начальное давление у нешлифованных новых дисков составляло 8—9 кг/см² и после приработки — до 11—12 кг/см², у шлифованных дисков начальное давление равнялось 12—13 кг/см². Падение крутящего момента в процессе испытаний характеризуется табл. 3.

Таблица 3

Диски	Крутящий момент в конце опыта в % от начального момента		
	1-й опыт: 1—500 вклю- чения	2-й опыт: 501—1000 включения	3-й опыт: 1001—1500 включения
Нешлифованные:			
1-й пакет	31,0	63,6	61,0
2-й пакет	34,0	68,9	100 0
Нешлифованные, в сред- нем	32,5	66,2	80,5
Шлифованные	55,3	68,0	76,7

Из этой таблицы можно установить следующее:

1. Крутящий момент у всех дисков вначале быстро падает; в дальнейшем это падение замедляется, особенно у нешлифованных дисков.

2. Падение крутящего момента у шлифованных дисков в начале значительно меньше, чем у нешлифованных³. По мере приработки нешлифованных дисков эта разница сглаживается, и темп уменьшения крутящего момента у дисков обоих типов постепенно становится почти одинаковым.

В качестве примера изменения крутящего момента муфты по мере износа ее дисков на рис. 5 приведены кривые этого момента, полученные при испытаниях 2-го пакета нешлифованных дисков.

Следует иметь в виду, что такие кривые, вообще говоря, не вполне точно отображают износ дисков, так как, кроме уменьшения толщины последних, на изменение момента влияет также ряд других факторов. В частности, временное возрастание крутящего момента, наблюдавшееся в начале большинства опытов, объясняется, очевидно, расширением дисков от нагрева. Другими факторами, влияющими на величину момента муфты, могут быть перемещение фактического радиуса трения по мере приработки дисков, случайные изменения μ_v , перебои в смазке и т. д. Отдельные пики на кривых крутящего момента (рис. 5) объясняются именно такими причинами случайного характера. Тем не менее эти кривые ценны тем, что они дают истинную картину возможных изменений первоначально установленного момента муфты в процессе ее эксплуатации.

Результаты измерения весового износа дисков, подвергавшихся испытаниям, в общем согласуются со сделанными выше выводами о характере износа шлифованных и нешлифованных дисков. Что касается связи между весовым износом дисков и их твердостью,

³ В действительности эта разница должна быть еще больше, чем по данным табл. 3, поскольку начальное давление на шлифованные диски при опытах было на 50% выше, чем на нешлифованные.

то здесь определенной зависимости установлено не было. Во всяком случае на основе проведенных опытов нет оснований считать износ дисков обратно пропорциональным твердости.

Удельная работа трения чугунных дисков при одном включении муфты была равна $1,2 \text{ кгм/см}^2$, $v=8,8 \text{ м/сек}$, $p=3,2-3,8 \text{ кг/см}^2$. Задачей испытания было определить характер изменения крутящего момента при последовательных включениях муфты. В результате

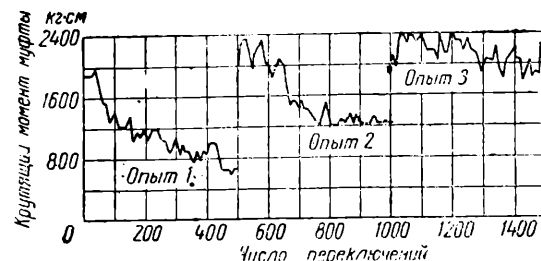


Рис. 5. Образец характеристик износа стальных дисков (2-й пакет нешлифованных дисков)

опытов было установлено, что в течение некоторого периода крутящий момент муфт с чугунными дисками, твердостью 143 и 210 H_B отличается значительной стабильностью, а затем он резко падает, и муфта становится неработоспособной.

Период стабильности зависел от степени приработки; у новых дисков он составлял всего от 20 до 50 включений, у приработанных доходил до 500 — 700 включений. У более твердых дисков периоды стабильности были более продолжительными.

Выводы

Результаты испытаний позволяют сделать следующие выводы.

1. По стальным дискам

а) Статические и кинематические коэффициенты трения зависят от давления, уменьшаясь с увеличением последнего.

б) Статические коэффициенты трения нешлифованных дисков по мере приработки уменьшаются, приближаясь к коэффициентам трения шлифованных дисков.

в) В соответствии с этим статические коэффициенты трения при расчете муфт рекомендуется определять для шлифованных и приработанных нешлифованных дисков по формуле

$$\mu_0 = 0,08p^{-0,24},$$

а для новых нешлифованных дисков по формуле

$$\mu_0 = 0,23p^{-0,55}.$$

г) У нешлифованных дисков кинематические коэффициенты трения значительно меньше статических; у шлифованных они почти одинаковы.

д) Износ нешлифованных дисков в начальной стадии протекает значительно интенсивнее, чем износ шлифованных, но по мере их приработки темп износа понижается, приближаясь к темпу износа шлифованных дисков, который также замедляется.

е) Весовой износ стальных дисков не находится в какой-либо линейной зависимости от их твердости. В свою очередь износ дисков одинаковой твердости может быть различным в зависимости от состояния их поверхности и некоторых других факторов.

ж) На изменение крутящего момента муфты, кроме износа дисков, влияют случайные факторы, которые могут создавать отдельные кратковременные скачки или падения момента.

з) Поверочный расчет муфт, применяемых в станках (отечественного производства, а также муфт ведущих иностранных фирм),

на основе формулы $\mu_0 = 0,08p^{-0,24}$ (считая коэффициент запаса сцепления $\beta = 1,5$) показывает, что удельные давления в этих муфтах достигают 15 кг/см^2 ; при таких давлениях

$$\mu_0 \approx 0,045.$$

В соответствии с этим, при расчете муфт со стальными дисками (шлифованными или приработанными нешлифованными) можно исходить из удельных давлений до

$$p = 15 \text{ кг/см}^2.$$

Эту цифру следует, однако, считать предельной и допустимой только в крайних случаях для высококачественных дисков.

В обычных условиях надо выбирать удельные давления возможно меньшими, поскольку это ведет, с одной стороны, к уменьшению износа дисков и напряжений в механизмах включения, с другой стороны, — к увеличению поверхности охлаждения муфты.

и) В муфтах желательно применять шлифованные диски. Нешлифованные в конце концов пришлифовываются сами, засоряя при этом близлежащие механизмы продуктами своего износа и требуя частой регулировки муфты. Диски должны быть вполне плоскими, иначе при выключении муфта будет плохо расцепляться и нагреваться.

2. По текстолитовым дискам

а) Статические и кинематические коэффициенты трения зависят от давления, уменьшаясь с увеличением последнего.

б) Значения μ_0 в пределах давлений $3\text{—}8 \text{ кг/см}^2$ равны $0,17\text{—}0,12$.

в) Кинематические коэффициенты трения значительно меньше статических.

3. По чугунным дискам

Крутящий момент периодически включаемой муфты с чугунными дисками после определенного периода стабильности внезапно падает почти до нуля. Продолжительность периода стабильности зависит от твердости и степени приработки дисков. Она очень мала у новых дисков и увеличивается по мере их приработки.

4. По асбестовым дискам

При удельных давлениях $1,0\text{—}1,2 \text{ кг/см}^2$ коэффициент трения равен $0,3$. При этом статический и кинематический коэффициенты трения равны.

* * *

На основе этих выводов можно рекомендовать для применения в масляных муфтах в первую очередь стальные шлифованные диски, а в сухих муфтах — асбестовые.

Текстолитовые диски, несмотря на их высокий коэффициент трения, применять опасно ввиду их малой теплостойкости (допустимый нагрев по ГОСТ 5—40 всего 120°). Диски из серого чугуна в сухих муфтах применять не рекомендуется (во всяком случае при твердости $\leq 210 H_B$).

/ Метод определения передаточного числа планетарного редуктора

(По поводу статьи т. В. С. САВКОВА, напечатанной в № 3 журнала „Вестник машиностроения“ за 1947 г.)

1

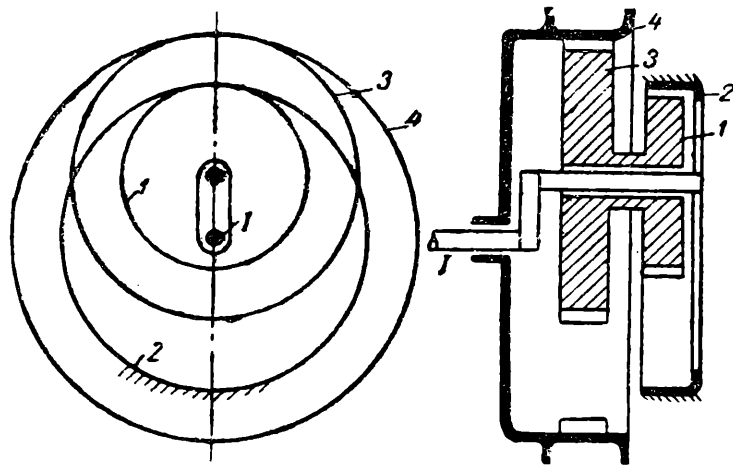
В своей статье В. С. Савков излагает новый метод подсчета передаточного числа планетарного редуктора для врубной машины ГТК-3, так как объяснение работы этого редуктора и расчет его передаточного числа дается в литературе с помощью метода Кутцбаха или Свампа, что, как выражается автор, „неправильно или не совсем понятно для рядового читателя“. Между тем указанный редуктор по своей схеме настолько прост, что объяснение его работы и расчет передаточного числа по методу Кутцбаха или Свампа не представляет никаких затруднений для читателей, знакомого с теорией дифференциальных (и в частности планетарных) передач, хотя бы в объеме курса теории механизмов для вузов. Особенно это нужно сказать относительно простого и крайне наглядного метода Свампа, объясняющего принцип работы и расчет дифференциальных передач на основании теоремы механики о сложении вращений. Как известно, расчет передаточного числа по методу Свампа приводит к формуле Виллиса:

$$i'_{4-2} = \frac{n_4 - n_0}{n_2 - n_0},$$

где n_0 — число оборотов водила (в нашем случае эксцентрикового вала 1);

n_2 и n_4 — числа оборотов колес 2 и 4 (см. рисунок);

i'_{4-2} — передаточное число от колеса 4 к колесу 2 в обыкновенном редукторе с рядовым зацеплением, которое получится, если остановить водило.



В рассматриваемом редукторе колесо 2 (с внутренним зацеплением) неподвижно, тогда $n_2 = 0$ и

$$i'_{4-2} = \frac{n_0 - n_4}{n_0}.$$

Так как колеса 1 и 3 сателлита соединены жестко и зацепляются внутренним образом с колесом 2 и ободом барабана 4, то

$$i'_{4-2} = \frac{z_3 z_2}{z_4 z_1}.$$

Таким образом из формулы Виллиса получим:

$$\frac{z_2 z_3}{z_1 z_4} = \frac{n_0 - n_4}{n_0} = 1 - \frac{n_4}{n_0},$$

откуда

$$\frac{n_4}{n_0} = 1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_4} = \frac{z_1 z_4 - z_2 z_3}{z_1 z_4},$$

$$i = \frac{n_0}{n_4} = \frac{z_1 z_4}{z_1 z_4 - z_2 z_3}.$$

Получилась та же формула, что и у т. Савкова, но весьма просто, на основании формулы Виллиса, и нет никакой надобности прибегать к более сложным, громоздким рассуждениям и выводам с определением „недостатка“ и „избытка“ зубцов, которые имеются в методе расчета, предлагаемом т. Савковым.

Что касается направления вращения колеса 4, то оно, как известно, определяется знаком, который получится при подсчете i , т. е. при знаке плюс колесо 4 имеет одинаковое направление вращения с эксцентриковым ведущим валом, при знаке минус — обратное.

Из формулы для i можно найти и то число зубцов z_4 , при котором колесо 4 не будет вращаться. Для этого надо положить $n_4 = 0$; тогда

$$\frac{n_4}{n_0} = 0 = 1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_4},$$

откуда

$$z_4 = \frac{z_2 z_3}{z_1}.$$

Канд. техн. наук, доц. Е. И. ФОГЕЛЬСОН

II

В названной работе т. Савков предлагает новый метод расчета передаточного числа планетарного редуктора врубной машины ГТК-3, указывая на его простоту и на понятность для рядового читателя.

Однако с подобным утверждением автора мы согласиться не можем; метод бесспорно оригинален, но большой ясности в вопрос он не вносит. Гораздо проще и понятнее „для рядового читателя“ обычный расчет по методу Виллиса. Остановившись на кривошине) даст новые угловые скорости центральных шестерен¹

$$\omega'_2 = 0 - \omega_s$$

и

$$\omega'_4 = \omega_4 - \omega_s.$$

Приравнивая их отношение передаточному отношению получившегося простого ряда зубчатых колес с осями неподвижными в пространстве, выраженного через числа зубьев, найдем требуемое передаточное отношение от эксцентрикового вала к шестерне 4

$$i'_{4-2} = \frac{\omega'_4}{\omega'_2} = \frac{\omega_4 - \omega_s}{0 - \omega_s} = 1 - \frac{\omega_4}{\omega_s} = \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_2}{z_1},$$

$$i_{s4} = \frac{1}{1 - \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_2}{z_1}} = \frac{1}{1 - \frac{33}{37} \cdot \frac{32}{28}} = \frac{1}{1 - 1,0193} = -51,8.$$

Знак передаточного отношения т. Савковым почему-то не отмечен.

Инж. В. Н. ГЕМИНОВ

От редакции

В статье канд. техн. наук В. С. Савкова „Метод определения передаточного числа планетарного редуктора“ („Вестник машиностроения“ № 3, 1947) вскрываются неправильности объяснения принципа работы планетарного редуктора врубной машины типа ГТК-3, допущенные в книге „Комплексная механизация угледобычи“. Всесоюзный научно-исследовательский угольный институт, т. 1, стр. 20. При этом В. С. Савковым было предложено оригинальное объяснение принципа работы такого редуктора и метод подсчета его передаточного числа. Однако этот метод уступает в простоте и понятности существующим методам, что с достаточной убедительностью показано в публикуемых выше заметках канд. техн. наук Е. И. Фогельсона и инж. В. Н. Геминова.

¹ См. „Вестник машиностроения“ № 3, 1947, стр. 22, рис. 1.

Электросепарация горелых земель литейных цехов

Канд. техн. наук Н. Ф. ОЛОФИНСКИЙ

За годы Сталинских пятилеток в СССР построены и пущены крупные литейные цехи, оснащенные передовой техникой; освоены новые виды литья, новые сложные технологические процессы, и в связи с техническим прогрессом в металлургии возникли новые проблемы, требующие разрешения. К последним относится вопрос о наиболее рациональном способе регенерации (восстановления) горелых земель. Однако до сего времени такой способ не был разработан; между тем вопрос этот является весьма существенным, так как формовочные материалы представляют собой одну из слагающих литейного производства, не менее важную, чем чугун, кокс и др.

При расходе, в среднем 1 т свежего песка на 1 т годных отливок, общая экономия от применения восстановленных песков получается весьма ощутительной.

В настоящей статье рассматривается новый способ обеспыливания и восстановления зернового состава горелых земель, при котором для сепарации используется корона постоянного тока. Способ этот, как и вообще электрические способы сепарации, до 1947 г. не применялся ни в Советском Союзе, ни за границей.

Первая исследовательская работа по электросепарации горелых земель была проведена¹ в 1946 г. в центральной научно-исследовательской лаборатории „Союзформолитье“ Министерства машиностроения и приборостроения СССР. Этой работой была доказана возможность эффективной сепарации горелых земель.

Как известно, свойства горелой земли изменяются по сравнению со свойствами свежего кварцевого формовочного песка вследствие образования в ней значительного количества зерен мелких и крупных фракций за счет сокращения средних (основных) фракций. Восстановление технологических качеств горелой земли, определяемое воспроизводством ее зерновой структуры, зависит от степени выделения из земли балласта, накапливающегося в ней во время заливки и сопровождающих последнюю операций. Вопрос о целесообразности и способах полного удаления инертных пленок с зерен кварца до сих пор окончательно не решен, и мы на нем не останавливаемся.

Электрические способы сепарации сыпучих материалов

Электрические способы сепарации сыпучих материалов основаны на использовании различий в электрических свойствах частиц, образующих смесь. Способы эти мало изучены, и литературные данные

¹ По инициативе инж. Е. М. Балабанова, Г. К. Митрофанова, Н. Ф. Олофинского, П. М. Рывкина и Н. А. Харитоновой.

об их практическом применении крайне скудны¹. Принцип действия электростатических сепараторов заключается в том, что частицы обрабатываемого материала приводятся в соприкосновение с заряженным электродом сепаратора. Проводящие частицы получают при этом от электрода одноименный заряд и отталкиваются, диэлектрики же, получающие ничтожный заряд, не изменяют направления своего пути. Частицы заряжаются главным образом благодаря своей электропроводности, реже за счет других свойств. Сейчас электростатическая сепарация применяется при очистке флотационных концентратов, при разделении ценных минералов с близкими удельными весами, не обрабатывающихся другими способами, и т. п.

Электрическими методами обогащения занимается в СССР Московский горный институт им. И. В. Сталина (кафедра специальных методов обогащения и брикетирования).

Несколько лет назад группой советских специалистов² был разработан и предложен новый метод электросепарации — коронный, основанный на применении коронного разряда, широко используемого в технике газоочистки. Коронные электросепараторы сейчас работают на многих фабриках Министерства цветной металлургии и Дальстроя и вводятся на предприятиях ряда министерств — Машиностроения и приборостроения, Тяжелого машиностроения, Станкостроения и др. Применяются они при доводке некондиционных концентратов, при селективном разделении полиметаллических концентратов, при обработке горелых земель, при разделении материалов на фракции различной крупности и др.

Коронные сепараторы отличаются от электростатических способом зарядки частиц. В электростатических установках зарядка частиц, происходящая при соприкосновении с заряженными электродами, носит случайный характер; в коронных же сепараторах все частицы заряжаются непрерывным потоком ионов, исходящим от коронирующего электрода. Кроме того, в сепараторах второго типа, вместо слабого электростатического поля, создается очень сильное электрическое поле коронного разряда. Благодаря этому производительность коронных сепараторов оказывается го аздо выше, чем электростатических, область их применения расширяется и улучшается качество продуктов сепарации.

Коронные сепараторы

Коронный разряд возникает, когда на электрод с малым радиусом кривизны накладывается высокое напряжение. При этом вокруг электрода наблюдается голубоватое свечение, сопровождающееся легким шипением. В светящейся области, называемой чехлом короны, происходит ионизация газа. Ионы, вылетающие из чехла короны, движутся к противоположному — осадительному — электроду, образуя объемный униполярный заряд, и заряжают все частицы, попадающие в пространство между электродами. Заряженные частицы, под влиянием электрического поля, также начнут двигаться к осадительному электроду.

Процессы, происходящие у стенки осадительного электрода сепаратора, хорошо иллюстрируются следующим опытом (рис. 1).

Между пластинами плоского конденсатора P и P_1 помещается провод K , служащий коронирующим электродом. Между проводом и электродом P_1 подвешивается на шелковинке шарик. При подаче на коронирующий электрод высокого напряжения — шарик получит

² Канд. техн. наук П. М. Рывкиным, канд. техн. наук Н. Ф. Олофинским и канд. физ.-мат. наук Е. М. Балабановым.

объемный заряд и под действием электрического поля отклонится к электроду P_1 .

Если шарик из непроводящего материала, то он притянется к электроду P_1 и будет на нем удерживаться; если же он из проводящего материала, то, коснувшись заземленного электрода P_1 , шарик разрядится и тотчас же отскочит. Неэлектропроводный шарик удерживается на электроде P_1 потому, что сохраняет свой заряд. Скорость разрядки шарика, зависящая от сопротивления материала, из которого он изготовлен, меньше скорости подзарядки объемными зарядами со стороны электрического поля.

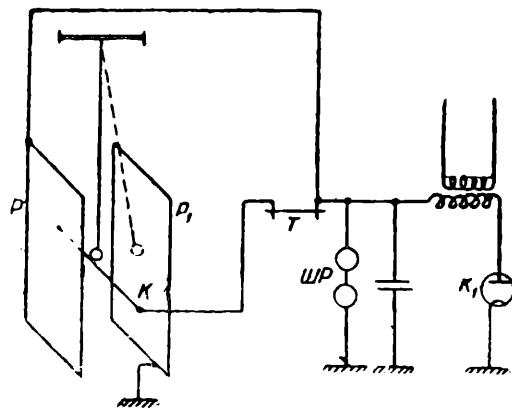


Рис. 1

Проводящий шарик не может удержаться на электроде P_1 , так как разрядка его протекает скорее, чем подзарядка объемными зарядами, и электрическая сила, прижимающая его к электроду, близка к нулю. Качественная сторона явлений, происходящих в данной установке, дает представление о поведении частиц материалов, имеющих различную проводимость, у осадительного электрода коронного сепаратора.

Результаты опытов с шариками, конечно, нельзя безоговорочно

распространить на частицы измельченных веществ, имеющих иную форму и меньшие размеры. В последнем случае большую роль приобретают силы сцепления, особенно при очень малых размерах частиц. Мелкие частицы, коснувшись осадительного электрода, могут прочно удерживаться на нем силами сцепления даже в том случае, если электрическая сила, прижимающая их к электроду, равна или близка к нулю. Хорошо проводящие частицы, разрядка которых происходит гораздо скорее, чем подзарядка, могут быть рассматриваемы как одно целое с осадительным электродом; непроводящие же частицы, разряжающиеся значительно медленнее, чем происходит их подзарядка, будут заряжаться объемными зарядами. Полупроводники, в зависимости от соотношения между скоростью их разрядки и подзарядки, будут иметь весьма малый заряд.

Коронные сепараторы конструировались различным образом в соответствии с возможными сочетаниями электродов разной конфигурации. Общими в этих сепараторах являются коронирующие и осадительные электроды. Последние имели вид металлических коаксиальных цилиндров, плоскостей и пр. Осадительные электроды соединялись с положительным полюсом источника постоянного тока высокого напряжения (заземлялись), а коронирующие — с отрицательным. При такой схеме, как показал опыт, создается наивысшее напряжение между электродами.

По расположению электродов коронные сепараторы могут быть с закрытыми электродами — трубчатые и с открытыми коронирующими электродами; к последним относится рассматриваемый ниже сепаратор барабанного типа. Схема этого сепаратора (лабораторного) показана на рис. 2.

Установка предназначена для исследования сепарации различных сыпучих материалов, в том числе и горелых земель. Обработываемый материал, состоящий из частиц, различающихся размерами и электропроводностью, подается в сепаратор через загрузочный бункер а. На нижнем конце бункера подвешивается тарированная воронка.

позволяющая регулировать подачу материала в сепаратор. Между загрузочным бункером и барабаном δ , для более равномерного распределения материала на последнем, установлен лоток — наклонная металлическая плоскость ϵ . На лотке укреплена плоская электродпечь, с помощью которой, в случае необходимости, подсушивается материал. Барабан — металлический, пустотелый, диам. 400 мм. Длина его: общая — 300 мм, эффективная — 200 мм. С помощью редуктора и ступенчатых шкивов число оборотов барабана в минуту регулируется в пределах от 30 до 60.

Коронный разряд происходит между заземленным электродом, которым является барабан, и установленным параллельно ему коронирующим электродом 2. Коронирующие провода натягиваются между специальными держателями, закрепленными на изоляторе.

Путем перемещения держателей можно в довольно значительных пределах регулировать разрядный промежуток. Высокое напряжение подается на коронирующий электрод сепаратора через проходной изолятор. Изоляция всех частей установки, несущих высокое напряжение, рассчитана в рабочем состоянии примерно на 60 кв.

На раме δ крепится приемный бункер, состоящий из трех отделений: для материала 1) уносящегося с барабана, 2) слабо удерживающегося на барабане и 3) хорошо удерживающегося на барабане и

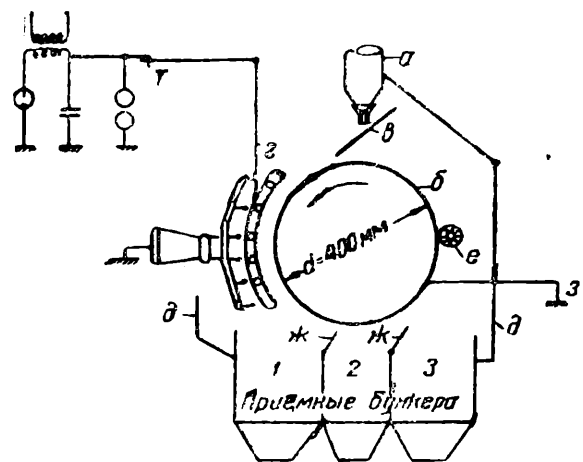


Рис. 2

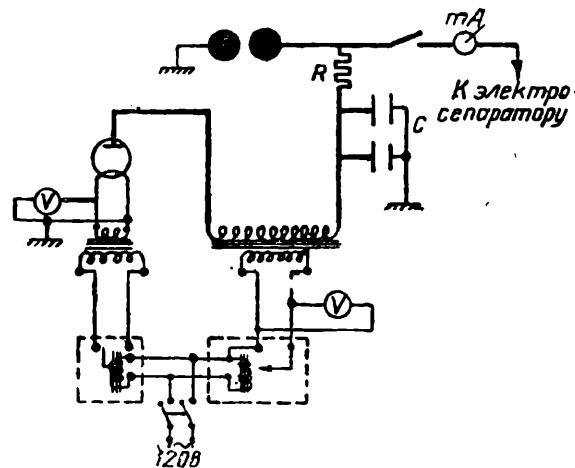


Рис. 3

снимаемого с него щеткой e , служащей для очистки поверхности барабана от прилипших частиц обрабатываемого материала и пыли. Если щетка будет действовать плохо, то часть материала может оставаться на барабане, вновь вовлекаться в процесс сепарации и ухудшать условия последней. Щетка и барабан вращаются при помощи общего электромотора. Распределение продуктов сепарации по приемным бункерам регулируется также делительными плоскостями $ж$, положение которых относительно поверхности барабана может изменяться. Пробивное напряжение сепаратора около 85 кв. Весь корпус его заземлен.

Схема подвода высокого напряжения к сепаратору показана на рис. 3. Ток высокого напряжения для питания сепаратора получается от повысительного однофазного трансформатора рентгеновского типа; характеристика его: 220/110000 в, 50 пер/сек, 40 ма. Для регулирования напряжения служит стол управления с однофазным автотранс-

форматором. Ток высокого напряжения выпрямляется кенотроном КР-110. Для защиты трансформатора, в случае пробоя разрядного промежутка, в высоковольтную цепь включается буферное сопротивление 5000—10 000 ом.

Практическая производительность лабораторного сепаратора, в зависимости от величины частиц и удельного веса исходного материала, составляла 80—150 кг/час.

Краткие физические основы коронного метода сепарации

Как уже указывалось при описании опытов с шариками, в коронных сепараторах, где для зарядки частиц используются объемные заряды, поведение заряженных частиц определяется их электрическими характеристиками. Величина электрических сил, которыми частицы удерживаются на барабане сепаратора, зависит от соотно-

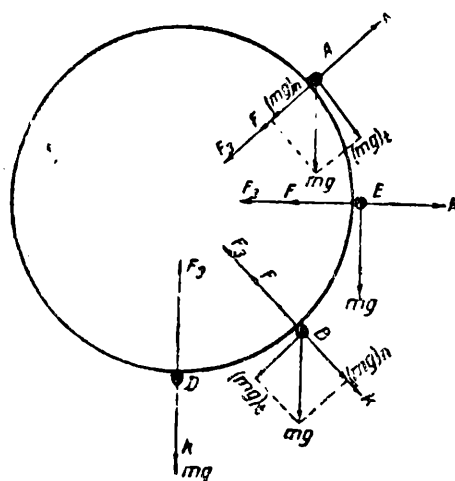


Рис. 4. F — сила электрического поля, F_3 — сила зеркального отображения (обе силы прижимают частицу к поверхности барабана); k — центробежная сила, возникающая вследствие участия частицы во вращательном движении барабана, и mg — сила тяжести; $(mg)n$ и $(mg)t$ — ее составляющие

ры частиц, удерживающихся на барабане сепаратора.

На частицу, находящуюся на поверхности барабана, действуют основные силы, показанные на векторной диаграмме (рис. 4).

Сила F практически действует только в зоне AB ; в остальных точках барабана она очень мала, так как электрическое поле является слабым. Чем больше контактное сопротивление R между частицей и осадительным электродом, тем большими будут остаточный заряд, а следовательно, и силы F и F_3 . Величина центробежной силы, срывающей частицу с барабана, прямо пропорциональна квадрату числа его оборотов; поэтому для удерживания более крупных частиц необходимо вращать барабан с меньшей скоростью. При учете действия силы тяжести можно пренебречь скольжением частицы вдоль поверхности барабана, так как в данном случае имеет значение только нормальная составляющая силы тяжести $(mg)n$, стремящаяся оторвать частицу от поверхности барабана. Предполагается, что сила трения между частицей и поверхностью барабана уравнивает $(mg)t$ — тангенциальную составляющую силы тяжести. Величина $(mg)n$ изменяется от нуля, в верхней точке барабана, до максимума — в его нижней

части; этим соотношением определяются остаточные заряды отдельных частиц. Разделение частиц вызывается действующими на них электрическими и механическими силами. Частицы удерживаются на барабане, если к последнему они прижимаются результирующей силой; в противном случае — они отрываются от него и попадают в один из бункеров.

На коронном сепараторе можно обеспыливать сыпучие материалы и разделять их по крупности. Это выполняется путем соответственного регулирования установки и выбора оптимального напряжения. В частности, при повышении напряжения, электрические силы, прижимающие частицы к поверхности барабана, увеличиваются; чем выше напряжение на коронирующем электроде, тем большими будут при прочих равных условиях разме-

точке D . Отрывающее действие силы тяжести начинается примерно с точки E , т. е. со средней линии барабана. Размеры частиц, удерживающихся на поверхности барабана, при их движении с последним в зоне коронного разряда AB , зависят от диэлектрической постоянной ϵ , удельного веса γ и контактного сопротивления R . Меняя режим работы сепаратора, а именно: напряжение на коронирующем электроде, диаметр барабана и число оборотов его, можно регулировать величину удерживаемых частиц.

В зоне BD электрическое поле очень слабо, и сила F практически не действует; кроме того, увеличивается действие слагающей силы тяжести mg , имеющей в точке D максимальное значение. В этой зоне частицы разряжаются без притока ионов, вследствие чего величина их зарядов является функцией времени нахождения частиц на поверхности барабана. При теоретических расчетах форма частиц принималась сферической. Поэтому экспериментальные данные были тем ближе к теоретическим, чем более к сферической приближалась форма частиц.

На процесс сепарации влияют различные факторы: контактное сопротивление, поверхностное сопротивление, напряженность электрического поля и др.

Контактное сопротивление R между частицей и осадительным электродом зависит от степени загрязненности их поверхностей. Оно определяет величину остаточного заряда частицы Q_R . Чем больше R , тем больше остаточный заряд, а следовательно, и сила F и F_z .

В некоторых случаях посредством специальной обработки можно изменять состояние поверхности частиц сепарируемых материалов и получать на них пленки различной электропроводности. Способ этот в настоящее время получил довольно широкое применение.

Поверхностное сопротивление зависит от влажности материала. Во влажном воздухе заряд частиц увеличивается благодаря уменьшению их поверхностного сопротивления. Для равномерности процесса сепарации необходимо, чтобы частицы обрабатываемого материала имели практически сухую наружную поверхность. Это нужно также для того, чтобы частицы могли свободно перемещаться в сепараторе под влиянием механических и электрических сил.

Напряженность электрического поля E поддается изменению в широких пределах. При повышении напряжения частицы непроводящих минералов сильнее прижимаются к барабану сепаратора; в этом случае, при прочих равных условиях, увеличивается выход материала в третьем бункере. Когда сепаратор хорошо отрегулирован, то проводящие частицы обрабатываемых материалов поступают только в первый, а непроводящие — только в третий бункеры.

Исследование сепарации горелых земель

На коронных установках, в зависимости от характера обрабатываемого материала, можно производить сепарацию на фракции различной электропроводности и крупности. В одних случаях может применяться одна из этих операций, в других, например при обработке горелых земель, — обе операции в последовательном порядке.

Как известно, тонких сит, например 100—150 меш, пригодных для просеивания горелых земель в промышленных масштабах, до настоящего времени не имеется. В связи с этим коронные сепараторы, классифицирующие различные материалы не только по электропроводности, но и по крупности, представляют большой практический интерес.

Опытами с материалами, содержащими от 5 до 40% фракции крупностью — 270 меш, установлено, что на коронных сепараторах

извлекается до 95—99% этой фракции. По мере того, как увеличивается содержание тонкой фракции, число очистных операций повышается. Так, при содержании ее от 5 до 15% необходимы одна-две операции, при 15—25% — три и при 25% и выше — четыре операции.

Обрабатываемый материал, служивший для опытов, содержал около 30% фракции —270 меш и около 70% фракции +270 меш.

При сепарации этого материала и изменении напряжения от 17 до 25 кв выход продуктов сепарации изменялся: в первом бункере, где собиралась крупная фракция, от 99 до 29%, и во втором и третьем бункерах, предназначенных для мелкой фракции, — соответственно от 1 до 71%. При напряжении 22 кв крупной фракции извлекалось более 90% от содержания ее в исходном материале, а мелкой — более 95%, причем в первом продукте фракции —270 меш содержалось 0,8—2,0%, а во втором — более 80%.

Измерение сопротивления отдельных компонентов горелых земель показало, что фаялит и сильно ожелезненный кварц выделяются в электропроводную фракцию.

На коронном сепараторе обрабатывались частные пробы (весом около 100 кг) отвальных горелых земель — формовочных и стержневых. Подготовка проб перед сепарацией почти не отличалась от обработки выбитой земли, предназначенной для вторичного использования. Сводилась она к разминанию комьев и сrostков исходного материала, просеиванию последнего через металлическое сито с ячейками 6 мм и подсушке. Фракция —6 мм подвергалась электросепарации без дополнительного рассева. Обработка исходного материала велась по схемам, установленным в соответствии с ситовым анализом продуктов сепарации. При обработке горелых земель на электросепараторе выполнялись две операции: обеспыливание, т. е. выделение тонкой фракции — балласта, и собственно электросепарация, состоящая в выделении электропроводной фракции — металлических включений и сrostков горелой земли размерами менее 6 мм. Качество получающихся при сепарации продуктов определялось по ГОСТ 2138—46. Опытные данные свидетельствуют о полной возможности восстановления зернового состава различных горелых земель. Результаты обработки отдельных проб, однократно пропускавшихся через сепаратор, приведены в таблице.

№ пробы	Продукты сепарации	Степень однородности				Напряжение, кв	Выход, %		Влажность, %
		фракция + 6 мм, %	в фракции —6 мм, %				в 1-м бункере	во 2-м и 3-м бункерах	
			50/100	270 + таз	глина				
1	Исходный материал	>6	85,6	0,62	0,40	20—45	98,7—3,6	—	1,3
	Обеспыленный песок	—	>91	<0,15	<0,2	20—22	>98,5	—	1,3
	Пылевидная фракция	—	<37	>21,0	>3,7	—	—	1,5	—
	Отсепарированный песок	—	—	—	—	45	<3,5	—	—
2	Исходный материал	>8	54,3	8,4	3,6	18—22	98,9—71	1,1—29,0	1,3
	Отсепарированный песок	—	>92	0,4	0,4	21	86	—	—
	Пылевидная фракция	—	>40	>38	>13	—	—	<14	1,3

Следует отметить, что при обработке пробы № 2 отвальной горелой земли, содержащей 54,3% фракции 50/100,—выход продуктов в первом бункере с изменением напряжения от 18 до 22 кв изменялся от 98,9 до 71%, а во втором и в третьем бункерах — от 1,1

до 29 %. При этом, при напряжении 21 кв выход отсепарированного песка, содержащего более 92 % фракции 50/100, составлял 86 %, а выход пылевидного материала, в котором было более 51 % фракций (270 + таз + глина), получался около 14 %. Распределение прочих фракций в исходном материале и продуктах сепарации видно из таблицы. Зерновой состав отсепарированного песка во всех случаях получался лучше, чем у естественного формовочного песка.

При обработке материалов со значительной влажностью было установлено, что они имеют повышенную проводимость. В связи с этим частицы таких материалов скорее разряжаются и хуже удерживаются на барабане сепаратора. Обеспыливание горелых земель, имеющих повышенную влажность (до 2,6 %), протекает удовлетворительно. Для выделения же из обеспыленного материала нужных фракций литейных песков этот материал перед сепарацией необходимо подсушивать. Следует отметить незначительность пылеобразования при работе коронных сепараторов. В случае присутствия в горелых землях цветных металлов или графита эти примеси могут быть выделены как отдельные продукты сепарации.

Промышленная обработка горелых земель

Промышленная сепарация горелых земель производится по следующей схеме. Оработанные земли литейных цехов собираются в пунктах, отведенных для их обработки. Крупные ферромагнитные включения, содержащиеся в горелой земле, отделяются на магнитном шкиве. Немагнитная фракция подвергается дроблению и разминается на валках, бегунах, дезинтеграторах и т. п.; желательно чтобы при этом сдирались шамотизированные глиняные оболочки. При дроблении разрушаются также хрупкие зерна фаялита, отходящие в дальнейшем в пылевидную фракцию. Этим повышается огнеупорность отсепарированного песка.

Следующий за указанными операциями отсев фракций — 6 мм может производиться на вибрационных грохотах. Для сушки рекомендуется применять горизонтальные барабанные сушилки, отличающиеся большой производительностью и экономичностью.

Промышленные сепараторы для обработки горелых земель конструируются из нескольких секций (барабанов), расположенных в соответствии с технологической схемой обработки сепарируемых материалов и представляющих собой законченную цепь аппаратов. Отдельные секции имеют устройство, в основном подобное описанному выше лабораторному сепаратору и отличаются от него главным образом размерами. В промышленных установках операции пылеотделения и собственно сепарации горелой земли совмещаются.

На рис. 5 показан трехсекционный сепаратор производительностью около 1 т/час, установленный на одном из заводов Министерства машиностроения и приборостроения СССР. В каждой секции этого сепаратора материал разделяется на два потока, как показано схематически на рис. 6. В первых двух секциях материал обеспыливается, и пылевидный продукт попадает в нижний приемный бункер. Крупная фракция последовательно перечищается во всех секциях сепаратора. Высокое напряжение подается на проходной изолятор, откуда по шинам распределяется на коронирующие электроды сепаратора.

Мощность, расходуемая для создания электрического поля в процессе сепарации, равна примерно 20 вт; мощность привода сепаратора — около 1,5 кв. Расход электроэнергии на обработку 1 т горелой земли составляет около 2,0–2,5 квт·ч; с увеличением производительности сепараторов общий расход электроэнергии снижается. Габариты сепаратора в плане 1,5×1,5 м, а высота — около 3,5 м.

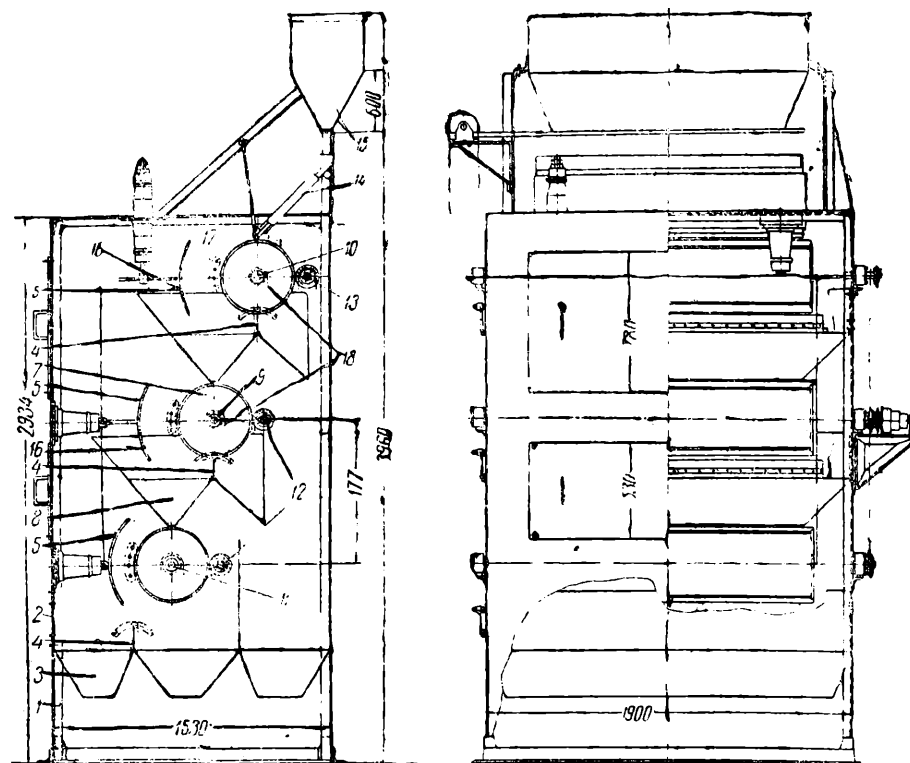


Рис. 5. Трехсекционный электросепаратор.

1 — рама; 2 — кожух; 3 — воронка для выходящего продукта; 4 — делитель; 5 — коронирующая рама; 6 — привод; 7 — барабан; 8 — промежуточный бункер; 9 — ось второго барабана; 10 — ось первого барабана; 11 — ось третьего барабана; 12 — оси второй и третьей щетки; 13 — ось первой щетки; 14 — лоток; 15 — загрузочный бункер; 16 — коронирующие электроды; 17 — диэлектрик; 18 — цепь Галля

Сепаратор отличается простотой устройства, удобством регулирования и надежностью в работе. Обслуживание его сводится главным образом к поддержанию установленного режима работы и наблюдению за бесперебойным поступлением обрабатываемого материала и уборкой продуктов сепарации. По данным одного из заводов Министерства машиностроения и приборостроения, отсепарированный песок почти в три раза дешевле свежего формовочного песка.

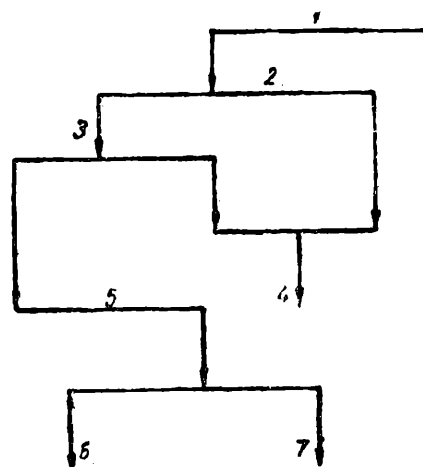


Рис. 6. Схема сепарации горелых земель.

1 — исходная горелая земля; 2 — основная сепарация (I секция); 3 — первая перефракция (II секция); 4 — пылевидная фракция; 5 — вторая перефракция (III секция); 6 — металлические включения и сородки; 7 — отсепарированный песок

Если же учесть уменьшение затрат на вывозку отвальных земель из цеха, а также возможность возврата пылевидной фракции, годной для использования при асфальто-дорожных работах, то стоимость сепарированного песка окажется еще ниже.

Схема использования коронного разряда может быть как односторонней (рис. 5), так и двухсторонней (рис. 7). В последнем случае число секций сепаратора удваивается и

обрабатываемый материал движется двумя параллельными потоками, подвергающимися в сепараторе одним и тем же операциям. Такая установка имеет удвоенную производительность при относительно небольшом увеличении габаритов. Конструкции промышленных сепараторов зависят от характеристики обрабатываемых горелых земель, числа необходимых последовательных очисток и заданной производительности. Смотря по составу отвальных горелых земель, выход отсепарированного и пригодного для повторного использования песка может доходить до 90 % и выше.

* * *

Проведенными исследованиями установлено, что на коронных сепараторах с успехом можно обрабатывать отвальные горелые земли различных заводов. При этом от исходного материала легко отделяются мелочь и пыль, сrostки и металлические включения (в том числе и цветные металлы, не извлекающиеся магнитной сепарацией). Выход отсепарированного песка составляет около 90 %.

Можно считать доказанной возможность сепарации и улучшения качества оборотных горелых формовочных земель, а также использования отвальных земель литейных цехов; эти отвальные земли скопляются в огромных количествах и не используются вследствие технологической трудности их обработки. Коронными сепараторами для обработки горелых земель литейных цехов будут оборудованы многие металлургические предприятия.

Использование отсепарированных песков резко сокращает расход свежего формовочного песка в литейных цехах, а следовательно, и размеры перевозок его; уменьшает потребность в складских помещениях для хранения формовочных песков и, наконец, способствует снижению брака литья благодаря улучшению качества формовочных материалов и смесей и др. Отсепарированный песок почти в 3 раза дешевле свежего формовочного песка.

Пылевидную фракцию, являющуюся отходом при сепарации горелых земель, можно использовать в качестве заполнителя при изготовлении горячего и холодного асфальта для дорожных покрытий.

Стоимость пылевидных отходов намного выше стоимости свежего песка. Это дает возможность значительно удешевить сепарацию горелых земель.

Непрерывность действия коронных сепараторов позволяет пользоваться ими в установках, работающих поточным методом.

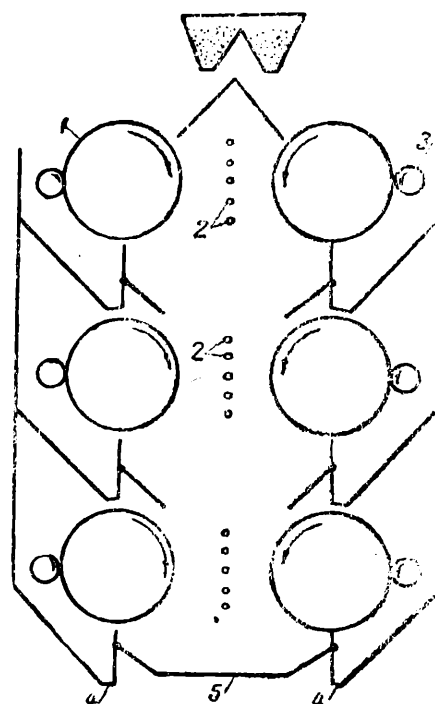


Рис. 7.

1 — барабан; 2 — коронирующие электроды; 3 — вращающаяся щетка; 4 — непроводящая (или мелкая) фракция; 5 — проводящая (или крупная) фракция

Новое в литье под давлением

Канд. техн. наук В. М. ПЛЯЦКИЙ и инж. Я. Я. НЕЙМАН

Послевоенный пятилетний план восстановления и развития народного хозяйства указывает на литье под давлением как на один из самых передовых, высокопроизводительных процессов. Если наиболее интенсифицированные методы механической обработки (скоростное фрезерование, анодно-механическая обработка и т. п.) ускоряют обработку, то литье под давлением дает возможность в большинстве случаев полностью отказаться от механической обработки или ограничить ее лишь доводкой отдельных участков.

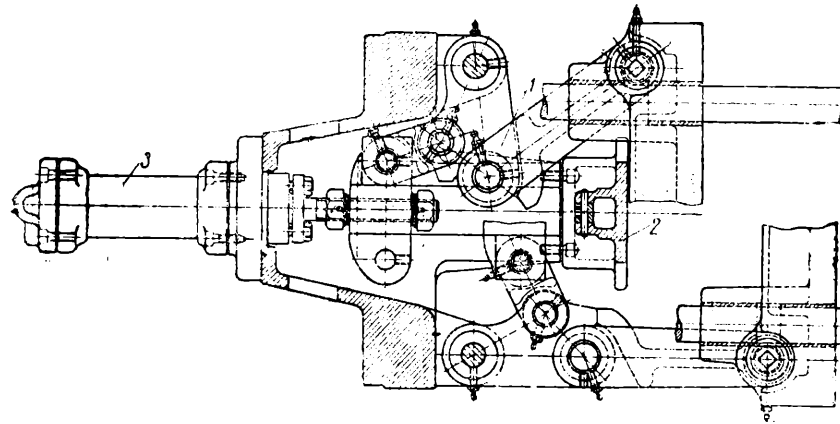


Рис. 1

В довоенный период литье под давлением применялось главным образом в приборостроении и в автомобильной промышленности. В настоящее время оно начинает широко применяться во многих областях: для изготовления ответственной судовой арматуры из медных сплавов и арматуры для цельнометаллических вагонов из сплавов алюминий — магний; шарикоподшипниковых сепараторов; в производстве линотипов, для изготовления точных измерительных приборов (пассаметров, индикаторов, рычажно-чувствительных микрометров); в текстильном машиностроении; в производстве пишущих и счетных машин и касс; арматуры для резиновых изделий; в системах вооружения, где размеры отливок доходят до 15 кг; для предметов широкого потребления и санитарии; для медицинской и сварочной аппаратуры и т. д.

При разработке вопросов литья под давлением необходимо разбираться в относительных достоинствах и недостатках машин, включая американские и европейские.

Американские машины по своей конструкции резко отличаются от европейских.

Наиболее распространенные из них — Рид-Прентис 1½ G — представляют собой типовые американские машины с горизонтальными холодными камерами сжатия, со встроенными в машину насосами типа Ваккерс (два насоса на одном валу), работающими последовательно на низком и высоком давлениях. Низкое давление (~18 кг/см²) служит для движения рычажно-шарнирного механизма, замыкающего и открывающего форму. Высокое давление (70 кг/см²) в основном предназначено для запрессовки металла. Кроме того, оно используется также в конце движения рычажно-шарнирного механизма, ког-

да для установки его в мертвое положение необходимо большое усилие.

Эти высокопроизводительные автоматизированные машины имеют, однако, много недостатков, для изжития которых советскими инженерами разработан и осуществлен ряд мероприятий. В результате машины, предназначенные для изготовления сравнительно немногих видов деталей, стали более универсальными.

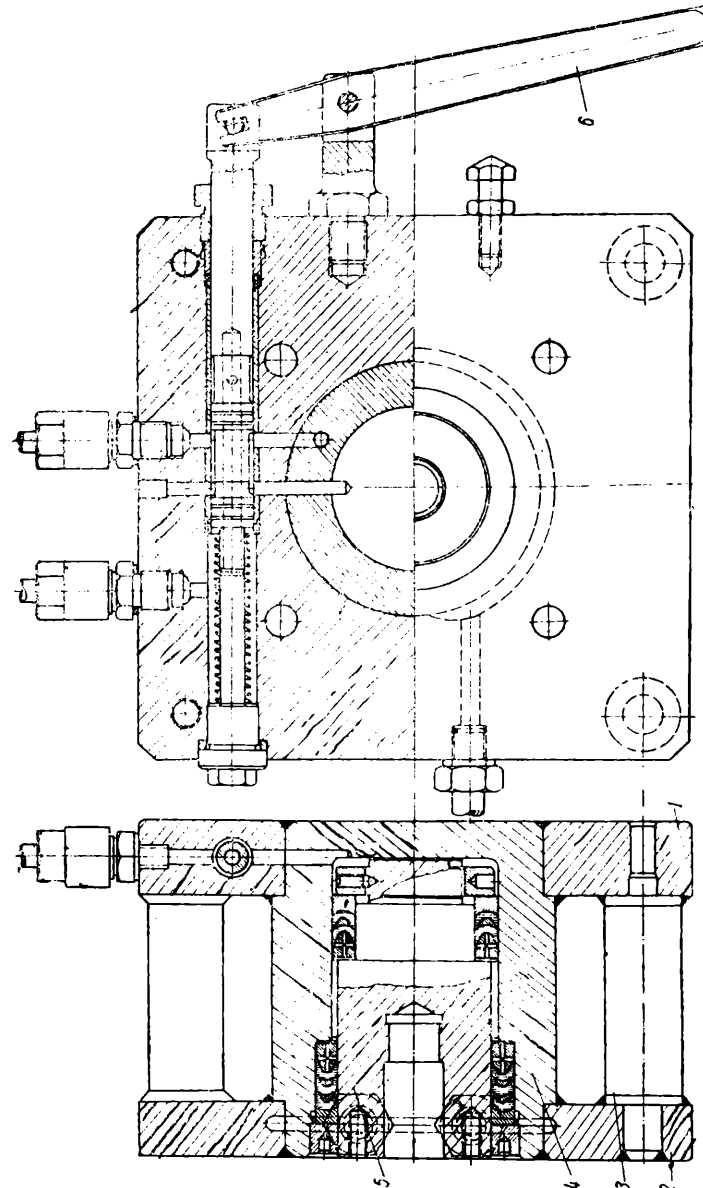


Рис. 2

Один из недостатков заключается в том, что машины не приспособлены для выталкивания крупных отливок с глубокими стержнями. Отливки выталкиваются при обратном ходе шарнирно-рычажного механизма 1 (рис. 1), с пружинного с упорной плитой 2. При остановке механизма в конечном положении в плиту упираются толкатели, которые таким образом приводятся в движение.

Подвижная половина формы перемещается под действием низкого давления от гидравлического цилиндра 3. Поэтому мощность на

раскрытие часто бывает недостаточной для снятия отливок с глубокими стержнями большого сечения, особенно когда отливка имеет значительную толщину стенок. Сплошь и рядом для снятия таких отливок со стержней приходится прибегать к вспомогательным приспособлениям ручного действия.

Для устранения этого недостатка разработан постамент с гидравлическим приводом для выталкивания (рис. 2).

Постамент для подвижной части формы состоит из двух стальных плит 1 и 2, соединенных стойками 3. В него вмонтирован гидравли-

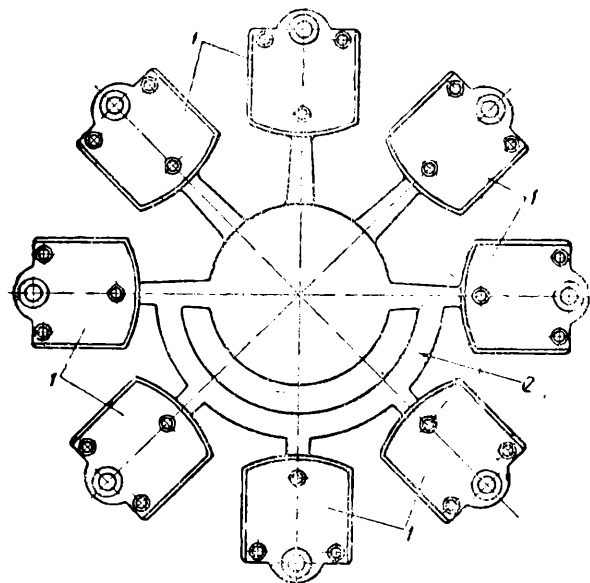


Рис. 3

ческий цилиндр 4, поршень 5 которого соединяется с хвостовиком выталкивающего приспособления. Постамент имеет рычаг 6, при его помощи гидравлическое давление подается в цилиндр.

Выталкивание деталей с небольшими полостями может производиться только при помощи постамента, включаемого в любой момент, независимо от хода машины на раскрытие. При выталкивании деталей с глубокими стержнями мощность гидравлического выталкивателя может быть суммирована с мощностью гидравлического цилиндра машины.

С этой целью в гидравлическом постаменте следует предусмотреть отверстие для прохода выталкивателей машины.

При применении гидравлического постамента к машинам Рид-Прентис давление необходимо подавать от баллона высокого давления.

Другой недостаток машин заключается в том, что в горизонтальных камерах сжатия металл, разливаясь, может попасть в форму до подачи давления, где он и застынет. Последнее вызывает все дефекты обычного литья. Чтобы предупредить попадание металла в форму самотеком, ее рабочую полость располагают выше горизонтальной оси камеры сжатия, благодаря чему металл подается снизу вверх. Это ограничивает количество гнезд в форме, так как практически ее нижняя половина не может быть использована. Кроме того, невозможно применять центральные литники, наиболее пригодные для крупных деталей коробчатого или цилиндрического типа.

Отмеченные недостатки устранены следующим образом.

Во-первых, применена литниковая система (рис. 3) с подводом металла в полости 1 (гнезда), находящиеся в нижней половине формы. Металл поступает через обходные каналы 2, которые берут начало на участках, расположенных выше горизонтальной оси камеры сжатия.

Во-вторых, устроена пятка 1 (рис. 4), которая с помощью пружины 2 поддерживается на уровне, необходимом для перекрытия питателей 3. Сила пружины достаточна для поддержания пятки при свободно налитом металле. При ходе прессующего плунжера 4 пружина сжимается, пятка опускается и открывает путь металлу 5 в рабочую полость формы, куда он и поступает под давлением.

В-третьих, чтобы можно было производить отливку на машинах Рид-Прентис высоких цилиндрических деталей 1 (рис. 5) с питанием в торец, обеспечивающим наилучшие условия вентиляции, разработана особая литниковая система: при переходе в форму 2 диаметр центрального литника 3 увеличивается до размера внутреннего диаметра цилиндрической детали 4. В верхней части прорезается дугообразный питатель 5, подающий металл в торцевую часть детали.

Машины Рид-Прентис недостаточно приспособлены для работы с механическими приводами, для движения которых, как известно, используется обратный ход машины (на открытие).

Чтобы можно было применить к этим машинам гидравлические приводы для стержней, разработаны приспособления, дающие возможность питать эти приводы гидравлической энергией от баллонов машины. Кроме того, приспособления позволяют подавать давление от имеющихся насосов и аккумуляторов питающих машины типа Поллак (рис. 6).

Гидравлическое давление от аккумулятора поступает в дистрибутор, расположенный около рабочего места. Из дистрибутора давление передается в корпус телескопического приспособления, укрепленного с помощью кронштейна на блоке машины, управляющем движением формы. От телескопического приспособления давление поступает в ниппельную коробку, укрепленную к плите подвижного формодержателя машины. Четыре ниппеля могут быть присоединены с помощью трубок из красной меди к гидравлическим приводам, приводящим в движение стержни. Через обратную телескопическую трубу отработанная жидкость передается в бак насоса.

Среди европейских машин преобладают машины типа Поллак, как оригинальные, так и скопированные на германских заводах. Из различных приспособлений к этим машинам, созданных советскими кон-

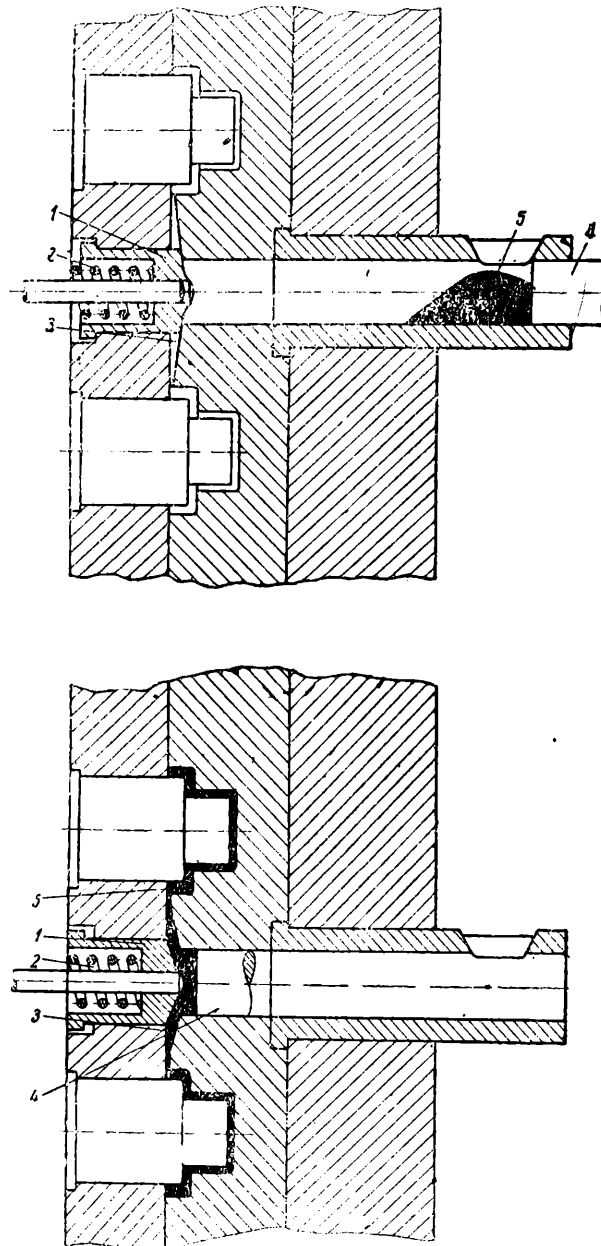


Рис. 4

структурами, следует отметить устройство на неподвижном и подвижном горизонтальных блоках плит с Т-образными пазами для крепления форм. Такое устройство увеличивает маневренность машины и дает возможность устанавливать на них формы разного размера без переделок крепежных отверстий.

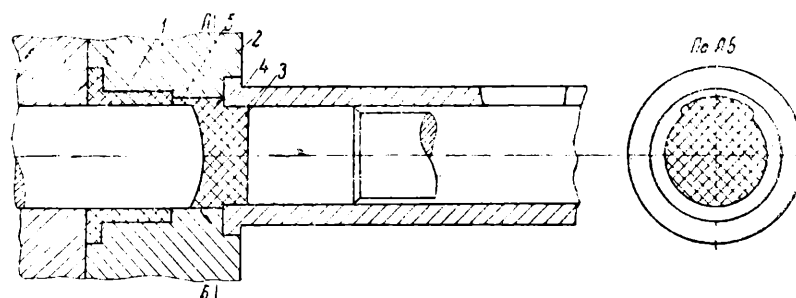


Рис. 5

В машинах типа Поллак, в которых горизонтальный (закрывающий) блок работает от гидравлического привода (не имея жестких замков), нередко приходится ограничивать площадь отливок из опасения, что противодействие, образующееся при гидравлическом ударе (во время

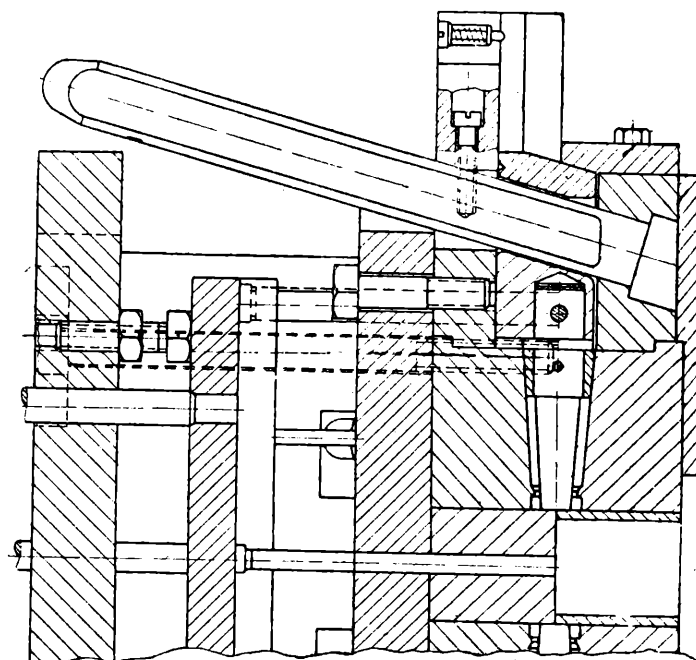


Рис. 6

запрессовки металла), может вызвать раскрытие форм. Хотя такое раскрытие (отдача) продолжается доли секунды, оно все же может нарушить точность размеров.

На советских заводах разработаны замки, работающие от гидравлических приводов, применяемых для подачи стержней.

На рис. 7 показана форма для отливки тонкостенной детали с большими габаритами (320×250 мм) в плоскости разреза В—В. Чтобы предупредить открытие формы во время заправки металла, с двух ее сторон установлены замки 1, соединенные с хвостовиками 2

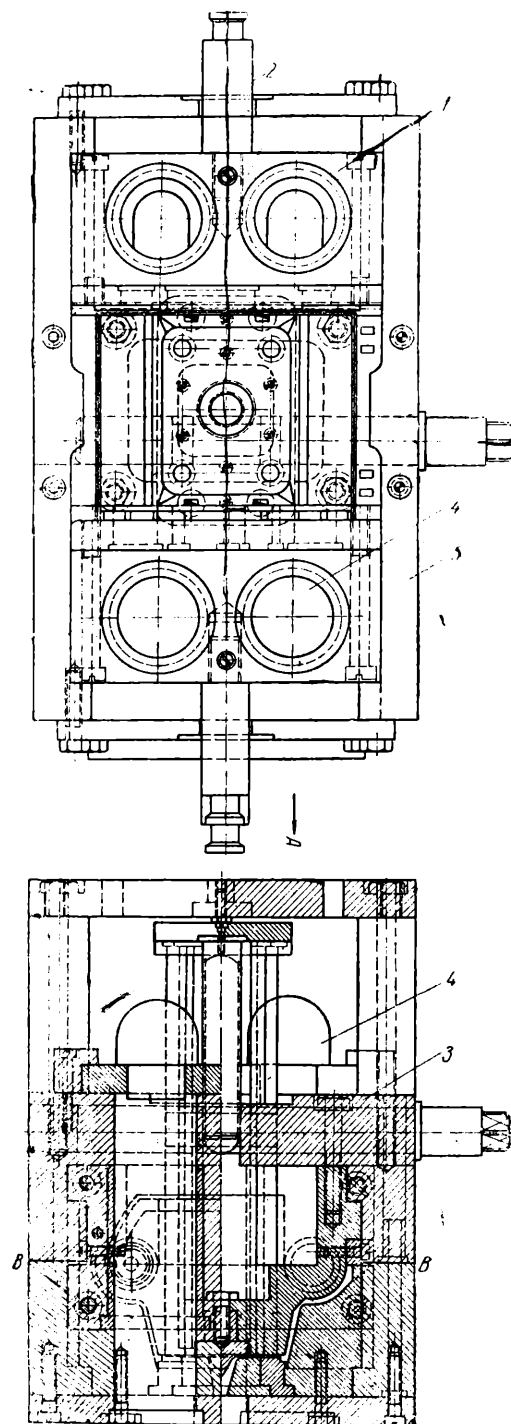


Рис. 7

приводов. Через плиту пуансона 3 пропущены четыре направляющих колонки 4 большого диаметра с выточками для захода замков. Замки движутся в пазах направляющей рамки 5.

В связи с тем что нагрев форм имеет чрезвычайно большое значение, особенно при работе со сплавами типа $Mg-Al$ и $Al-Mg$,

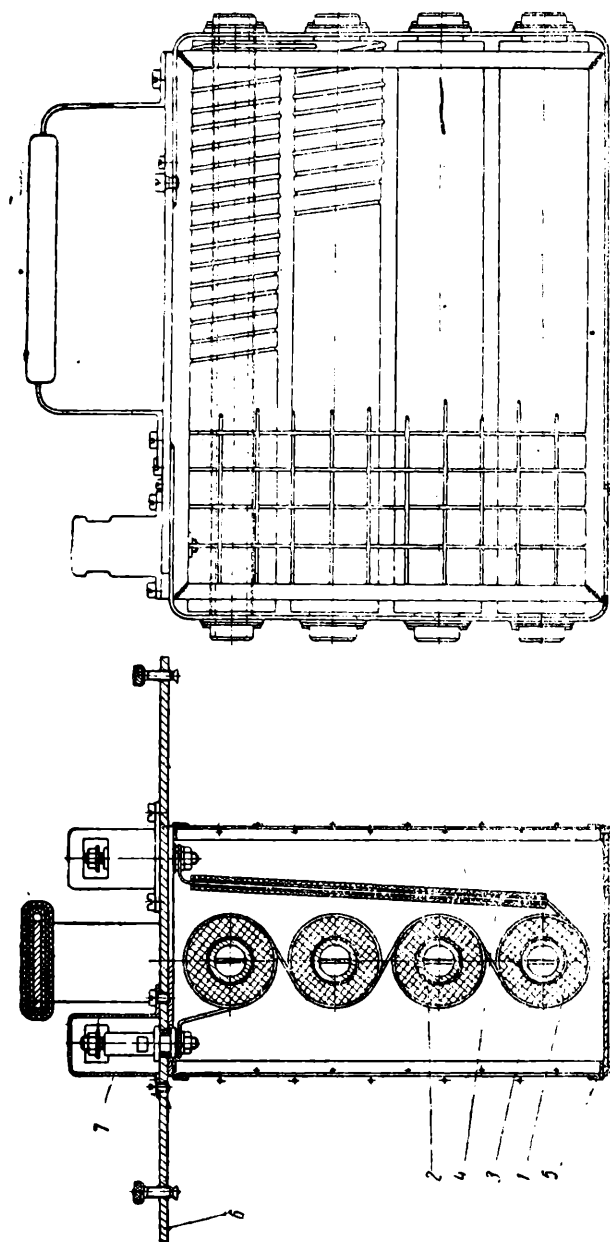


Рис. 8

разработана конструкция электрического подогревателя для форм и приспособления для измерения их температуры.

Электрический подогреватель (рис. 8) для форм включается в сеть напряжением 220 в. Он состоит из коробки, в которой на четырех алуновых трубках 1, армированных стальными трубками 2, намотана нихромовая спираль 3, задний конец которой изолирован фторфоровой трубкой 4. В двух боковых стенках коробки имеются рамки 5 с сеткой, через которые обогреваются полости матрицы и пуансона. В верхней части подогревателя расположена тонкая стальная плита 6, с

помощью которой он укрепляется на торцах сдвинутой формы. Клеммы изолированы колпачком 7.

Для контроля температуры формы, вместо обычных контактных термопар, включаемых периодически, применяются встроенные в форму термопары 1 (рис. 9). С помощью ниппельного приспособления 2 они глубоко вводятся в тело матрицы 3 и располагаются как можно ближе к рабочей поверхности формы, соприкасающейся с жидким

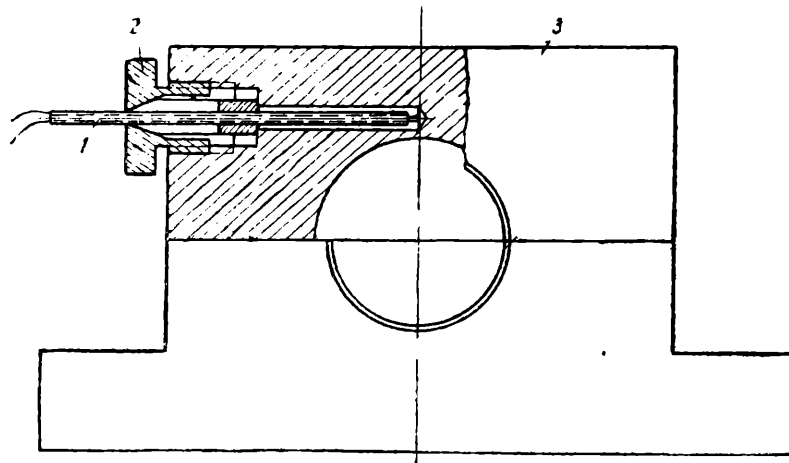


Рис. 9

металлом. При таком устройстве можно непрерывно, без затрат времени и без остановки машин, контролировать температуру формы.

Для контроля температуры формы применяются также цветные температурные карандаши, первоначальный цвет которых изменяется при определенной температуре. При изготовлении карандашей в качестве индицирующих компонентов применяются различные химические соединения (например, окись свинца, окись висмута и т. д.). Наполнителем служит глина, связующим материалом — стеарин.

✓ К вопросу о построении допусков и припусков на механическую обработку поковок

(Обсуждение статьи канд. техн. наук И. Г. Соколова „Метод построения допусков и припусков на механическую обработку поковок“, напечатанной в журнале „Вестник машиностроения“ № 2, 1947 г.).

I

Наш опыт

Инж. В. Н. ГЛУШКОВ

Статья канд. техн. наук И. Г. Соколова с нашей точки зрения неправильно освещает ряд положений, связанных с вопросом припусков и допусков на поковки, полученные методами штамповки и свободной ковки. В результате предлагаются выводы, неприемлемые для заводской практики.

Для разрешения вопроса нужно прежде всего ясно представить себе различие припусков и допусков на поковки, получаемые штамповкой и свободной ковкой.

При поточно-массовом или крупносерийном производстве припуски на механическую обработку всегда тщательно рассматриваются во время разработки технологического процесса детали и определяются дифференцированно в зависимости от требований кузнечного, механического, термического и других цехов.

Гарантия размера припуска на любом участке поковки, установленного технологией, достигается только в штампованных поковках, у которых припуск, как будет указано ниже, предусмотрен при изготовлении самих штампов. Вот почему внимание кузнецов-штамповщиков обращается не на припуски, уже заложенные в штампах, а на обеспечение допустимых отклонений, от номинальных размеров поковки, т. е. допусков, размеры которых не должны нарушать условий, выдвигаемых механическими цехами для правильной обработки детали.

При мелкосерийном либо единичном производстве, где зачастую экономически целесообразно не применять штампованных поковок, приходится пользоваться поковками, изготовленными методом свободной ковки; припуск у этих поковок теоретически также определяется технологами, а практически в значительной мере зависит от навыков и опытности в работе кузнеца, а также от сработанности всей бригады, обслуживающей молот или пресс. При поковках сложной конфигурации кузнецы стремятся применять припуски, более увеличенные, чем у поковок меньшей сложности. В частности, на поковке, имеющей выступы, припуск бывает разный на различных частях. Например, припуск на частях, расположенных между выступами, обычно делается больше, чем на свободных концах, на которых кузнец может увести излишний металл, а длинные концы обрубить. Все замеры при изготовлении поковок производятся весьма элементарными приспособлениями, поэтому допуски на поковки здесь достаточно велики и также зависят от навыка и опытности кузнеца. Вот почему в поковках свободной ковки нельзя отделять допуск от припуска и нельзя рассматривать их отдельно, кроме того, и припуски и допуски надо ставить в зависимость от конфигурации детали.

Рассмотрим вкратце основные элементы припусков и допусков для штампованных поковок.

Прежде всего условимся припуском называть слой металла на поверхности поковки, который нужно удалить механическим путем (резанием, шлифовкой, полировкой или другим способом), чтобы получить поверхность детали, свободную от внешних пороков и имеющую требуемую степень точности.

Величина припуска у поковки, отштампованной по номиналу, определяется следующими составляющими:

$$P_{ном} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + \frac{D}{2}.$$

Здесь P_1 — припуск на межоперационную механическую обработку, нужный для получения требуемой степени точности обработки (∇ , $\nabla\nabla$, $\nabla\nabla\nabla$, $\nabla\nabla\nabla\nabla$), а также для исправления детали после термической обработки.

Второе слагаемое — P_2 — припуск, которым учитываются все поверхностные неточности и неправильности в конфигурации поковки, оказывающие влияние при закреплении детали на станке с целью первичной механической обработки. Классический пример такого припуска обусловлен обработкой кольца по двум вариантам: с базой по внешнему и с базой по внутреннему диаметрам. В первом случае нужно увеличить припуск на механическую обработку поверхности внутреннего диаметра (рис. 1), во втором — внешнего (рис. 2).

Третий элемент — P_3 . Это припуск на устранение неправильностей, присущих данной поковке. Примером может служить распределительный вал, у которого припуск на кончиках кулачков увеличен в несколько раз по сравнению с припуском на всей остальной его поверхности (рис. 3). Благодаря такому припуску достигается безусловное удаление обезуглероженного слоя на кончиках кулачков (что важно при закалке) и устраняются неправильности в поковке, зависящие от очень многих при-

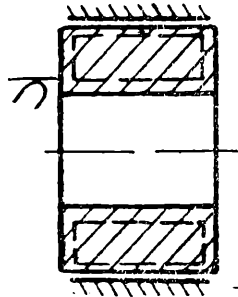


Рис. 1

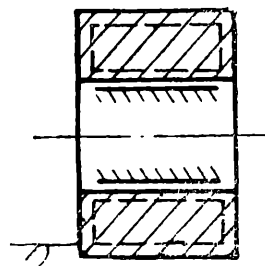


Рис. 2

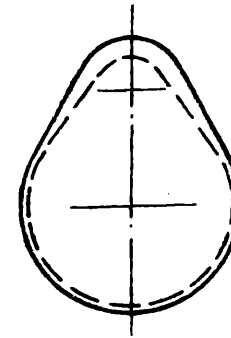


Рис. 3

чин, в том числе от культуры изготовления штампов, правильности их наладки при обрезке заусенца, рациональности охлаждения поковки и т. д.

Следующий элемент — P_4 . Это припуск, необходимый для устранения кривизны детали путем механической обработки. Так например, завод «Виллис-Оверланд» для автомобиля «Джип» у коленчатого вала припуск на шейках принимает из расчета допуска на биение средней коренной шейки 0,015" (0,375 мм).

Пятое слагаемое — P_5 учитывает погрешности, происходящие при усадке поковки. Обычно стремятся у длинных деталей базовым местом выбрать среднюю часть поковки; по мере удаления от базового крепления припуск увеличивается.

Далее, под P_6 понимается припуск, учитывающий наличие дефектного слоя, в котором могут быть пороки, происходящие от исходной заготовки (волосовины и др.), появившиеся в результате неправильностей при штамповке (зажимы, складки и др.), во время термической обработки (трещины и др.); обезуглероженный слой металла, размер которого, по нашим наблюдениям, для обычных конструкционных сталей доходит до 2% сечения поковки; раковины, следы окислы, оставшейся после очистки поковки в барабане или вибрибрейтере, либо после протравки в травильной ванне. Между прочим, окислы в процессе штамповки, несмотря на тщательную ее очистку, все же попадает в полость штампов и заштамповывается в металл.

Наконец, последний из перечисленных припусков — $\frac{D}{2}$ устраняет влияние отрицательного допуска, который нужно всегда учитывать.

При определении припусков для штампованной поковки технологи механического и кузнечного цехов совместно обычно тщательно анализируют каждую составляющую припуска. Свои выводы они основывают на существующей практике данного завода. Только при таком дифференцированном подходе к каждой детали можно добиться наиболее выгодного размера припуска, учитывая экономические и производственные условия изготовления детали. Это особенно важно для массового производства.

Если обратиться к известной нам практике США, то там нельзя обнаружить стремления сильно урезать припуск на механическую обработку. Наоборот, в США считают, что припуск должен быть «полным». В частности, коленчатые валы для автомобилей Крайслер, Додж, Плимут и др. имеют припуск на механическую обработку для всех шатунных и коренных шеек $\frac{3}{16}$ " (4,76 мм), фланцев и хвостика — $\frac{1}{8}$ " (3 мм). Сравнительно большой припуск объясняется необходимостью иметь гарантию безусловного удаления обезуглероженного слоя. Такой же припуск применяют для коленчатых валов завод Ваймэн Гордон, специализировавшийся на штамповке коленчатых валов и поставляющий их крупнейшим автомобильным и авиационным заводам.

Было бы интересно получить от т. Соколова ответ, откуда он почерпнул сведения о том, что Американская Ассоциация кузнецов-штамповщиков установила при-

пуски на механическую обработку для ∇ — 1,00 мм; $\nabla\nabla$ — 1,25 мм; $\nabla\nabla\nabla$ — 1,80 мм. Эти данные вызывают очень сильное сомнение.

Установленные указанным выше способом припуски на механическую обработку учитываются в чертеже поковки, по которому изготавливается штамп. Таким образом припуски на механическую обработку закладываются в размерах штампа. Кузнечному цеху остается только отштамповать поковку по номиналу чертежа с допусками, размеры которых будут зависеть от технической культуры данного цеха.

Весь наш отечественный опыт работы на автомобильных, тракторных, паровозостроительных и других заводах привел нас к твердому выводу, что за основу измерения необходимо принять весовой признак. Именно «вес» лучше других возможных параметров характеризует «массу» (объем) перемещаемого металла, размер требуемого оборудования, а эти последние факторы лучше всего и определяют размер допуска.

Советский опыт находит свое подтверждение в стандарте допусков, имеющихся за рубежом, где за основу также принят весовой признак.

Общий стандарт допусков на штампованные поковки должен включать в себя четыре основных допуска, а именно: на недоштамповку, на износ штампа, на смещение одного штампа по отношению к другому и на усадку, и три рекомендуемых: на ковочные уклоны, на закругление и на обрезанную поковку.

Допуск на недоштамповку. Правильно спроектированный штамп должен обеспечивать получение поковки по номиналу при условии соприкосновения зеркал обоих штампов (верхнего и нижнего). На допуск по недоштамповке, казалось бы, должны влиять только: усадка металла и износ штампа; в действительности этот допуск зависит и от ряда других факторов, которые вкратце перечислим.

Обратимся сначала к плюсовому допуску. На его величине может отразиться применение молота с меньшим весом падающих частей, чем требуется; это иногда приводит к необходимости делать чистовые ручки штампа несколько более мелкими. Размер заготовки должен быть подобран так, чтобы заусенец не выходил из канавки. Выход его из канавки на зеркало штампа (даже при правильно выбранном размере заготовки) является результатом неточно запроектированных или изготовленных подготавливающих ручьев, либо имело место неправильное расположение заготовки в черновом ручье.

Далее, штамп мог быть запроектирован с плюсовым допуском; конструктор предполагал его быструю осадку по причине малой опорной поверхности зеркала штампа. Например, можно указать на штамп для коленчатого вала автомобиля Додж, у которого окончательный ручей делается с углублением в каждой половинке штампа против номинала на $\frac{1}{32}$ " (0,8 мм); таким образом, если произвести заливку штампа и сделать промеры, диаметр шатунных и коренных шеек в плоскости разреза штампа будет нормальный, а в перпендикулярном направлении — больше на $\frac{1}{16}$ " (1,6 мм).

Недостаточный нагрев заготовки очень часто бывает при штамповке последовательно нескольких поковок от одного прутка с одного и того же нагрева. В этом случае первая поковка штампруется при несколько повышенной температуре нагрева, а последняя — при пониженной температуре. Добавочное количество ударов молота (2—3), производимых обычно кузнецами, при изготовлении последней поковки бывает иногда недостаточным для проштамповки до номинала.

Вот почему в некоторых кузницах США избегают применять такой метод штамповки, либо ограничивают кузнеца определенным количеством поковок (скажем, не более двух с одного нагрева); но довольно часто можно встретить спаренную работу двух кузнецов без нагревательщика, которые последовательно подходят к печи, молоту и обрезному прессу, выполняя требуемые операции.

Перейдем теперь к рассмотрению технологических факторов, обуславливающих возможность минусового допуска.

В первую очередь минусовый допуск является результатом каких-либо дефектов штампа. Например, если штамп спроектирован с малой поверхностью зеркала, он садится очень быстро, и последние поковки получаются с минусовым допуском. Далее, усадка поковки может оказаться большей, чем принято при проектировании штампа (при высоких деталях).

Аналогично влияет на поковку, вызывая незаполнение отдельных рельефов, наличие окалины в глубоких полостях штампа или скопление воздуха в них (последнее — следствие небезопасности выхода воздуха).

Разбор указанных выше элементов, являющихся причиной появления отклонений от номинальных размеров поковки по недоштамповке, показывает, что величина плюсового и минусового допусков не может быть одинаковой и что допуски не имеют никакого отношения к принципам конструирования разных приспособлений и кондукторов, где поле допуска в обе стороны принимается одинаковым, как это полагает т. Соколов.

Практика США рекомендует минусовый допуск в размере одной трети плюсового допуска. У нас размер минусового допуска несколько увеличивается. Это делается

в целях облегчения запоминания нормалей допусков при градации примерно через каждые 0,5 мм.

Допуск на износ штампов является крайне необходимым. Величина его должна укладываться в пределах допуска на недоштамповку. Следует заметить, что износ штампа всегда ведет к увеличению размеров ручья; поэтому, по существу, мы должны иметь только плюсовой допуск. Однако следует рекомендовать также и минусовый допуск, который позволяет изготавливать ручей несколько меньшего размера, за счет чего иногда можно добиться увеличения стойкости штампа.

Допуски на смещение штампов и усадку поковки. Допуск на смещение одного штампа относительно другого, а также допуск на усадку также являются необходимыми с целью регламентации этих отклонений, при утверждении припуска (p_2 и p_3).

Остановившись на опыте освоения допусков на штампованные поковки, который накоплен заводами Министерства транспортного машиностроения, следует напомнить о состоявшемся в 1944 г. в Нижнем Тагиле втором техническом совещании кузнецов-штамповщиков. После всестороннего обсуждения совещание утвердило допуски на штампованные поковки (таблица) и рекомендовало их к немедленному внедрению. В основу измерения в этих допусках был взят весовой признак. Была также разработана система наблюдений за внедрением допусков с последовательным обмером поволоков, снимаемых со штампа в течение его жизни. •

Допуски на штампованные поковки

Вес поволоков, кг		Допуски, мм							
		на недоштамповку		на износ штампа		на смещение штампов (перекос)	на усадку		
							длина, ширина или диаметр поволоков, мм		величина допуска
свыше	до	+	—	+	—		свыше	до	±
—	0,3	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	—	100	0,15
0,3	1	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5	100	200	0,30
1	3	1,5	0,7	1,5	0,7	0,7	200	300	0,45
3	5	1,7	1,0	1,7	1,0	1,0	300	400	0,60
5	12	2,0	1,0	2,0	1,0	1,2	400	500*	0,75
12	25	2,5	1,0	2,5	1,0	1,5	* На каждые дополнительные 100 мм прибавляется 0,15 мм. Допуски на износ и усадку отдельно не применяются; суммарный допуск принимается округленно до 0,5 либо в целых мм.		
25	40	3,0	1,0	3,0	1,0	1,5			
40	60	3,5	1,5	3,5	1,5	1,7			
60	100	4,0	1,5	4,0	1,5	2,0			
100	150	4,5	2,0	4,5	2,0	2,5			
150	200	5,0	2,0	5,0	2,0	3,0			
200	250	5,5	2,0	5,5	2,0	3,0			

Примечания:

1. Для поволоков, полученных под штамповочными молотами, „допуски на недоштамповку“ распространяются на все размеры, перпендикулярные линии разреза штампа.
2. Для поволоков, полученных на ковочных машинах, „допуски на недоштамповку“ распространяются на все размеры, параллельные движению главного ползуна.
3. Допуски на длину и ширину поволока определяются одинаково и составляют из „допуска на износ штампа и усадку“.
4. Допуски на длину и ширину поволока, полученной под молотом, применяются в плоскости, параллельной линии разреза штампа.
5. Допуски на ширину и длину поволока, полученной на ковочной машине, применяются к размерам, перпендикулярным движению главного ползуна.
6. Допуски на внутренние размеры берутся с обратными знаками.

В 1947 г. было проведено третье техническое совещание кузнецов-штамповщиков заводов Министерства транспортного машиностроения, происходившее в Челябинске. После тщательного обсуждения результатов трехлетней работы кузнечных цехов по освоению допусков совещание решило утвердить ранее принятые допуски без всяких изменений и вновь рекомендовать их к внедрению.

На совещании особо подчеркивалось, что внедрение допусков диктуется не только необходимостью достижения «стандартности поволоков», столь нужной для механических цехов поточного и массового производства, но и желанием укрепления дисциплины.

линирующего начала в технологической и производственной жизни кузнечных цехов. В самом деле, соблюдение установленных допусков обязывает содержать оборудование в исправном состоянии, в частности, например, у молотов должны быть отрегулированы и все время поддерживаться пужные зазоры между бабой и направляющими. Все клиновые крепления у станины, направляющих и соублока должны обеспечивать мертвое крепление. Установка штампов и крепление их на молоте должны быть устойчивы на протяжении всей смены; крепление штампа следует производить без набора прокладок, а в случае расширения ласточкиных хвостов (после ремонта) в бабе и соублоке должны применяться уширенные клинья.

Необходимо далее так конструировать штампы, чтобы расположение ручьев не влекло к разверке установленного штампа.

Необходимо также правильно подбирать размер заготовки, следить за тем, чтобы металла было достаточно только для образования качественной поковки. Избытка металла в заготовке надо избегать. Это ведет к увеличению допуска на недоштамповку, к увеличению числа потребных ударов молота и, как следствие, к излишнему расходу пара и более быстрому износу штампа, так как через мостик будет перемещено в заусенок большое количество металла.

Следует обеспечивать во время работы одинаковый нагрев металла, поскольку колебания в температуре нагрева заготовок всегда вызывают соответствующие колебания в размерах допусков на поковках.

Переходим теперь к поковкам, получаемым методом свободнойковки.

Обычно после составления рабочего чертежа поковки с указанием на нем припуска определяется теоретический вес поковки и далее объем металла, необходимого для ее изготовления. На некоторых заводах вес поковки подсчитывается с учетом плюсовых допусков в размере 0,5—1,0 припуска, что, конечно, влечет за собой увеличение теоретического веса поковки. После этого подбирают необходимый слиток (для крупных поковок) либо заготовку (для мелких поковок).

При установлении веса слитка задаются опытным процентом выхода годного из слитка; этот процент колеблется от 45 до 65.

Вычисленный объем металла является основой при определении размеров припусков и допусков. Существующие таблицы на припуски и допуски построены также на объемном измерении; обычно по вертикали указывается длина поковки, а по горизонтали — ее сечение (диаметр).

На основании опыта, накопленного в течение долгих лет, многие заводы составили таблицы припусков с дифференцированным подходом к каждой конфигурации поковки. Так например, для прямоугольных поковок, особенно с большим соотношением сторон, берутся несколько большие припуски, чем для поковок круглого сечения. Это объясняется тем, что точность работы на плоских бойках несколько меньше, чем в нижнем вырезном бойке, употребляемом для поковок круглого сечения.

При ковке дисков припуск по высоте делается обычно меньше припуска на диаметр, так как этот размер получить значительно легче.

Поковки с выступами (фланцами) на концах всегда имеют на центральной части более значительные припуски, чем гладкие поковки или поковки с уступами. Объясняется это тем, что размеры поковки между выступами определяются в началековки засечкой объема металла, необходимого для получения центральной части ее. Если при этой засечке получится излишек металла или недостаточный объем его по сравнению с запроектированным, то изменятся размеры центральной части поковки: либо диаметра, либо длины, либо того и другого вместе. Чтобы предотвратить возможность недоразумений, кузнецы в этих случаях обычно стремятся увеличить припуск.

При определении припусков на поковках сложной конфигурации зачастую приходится отказываться от дифференцированных (минимальных) припусков, которые следовало бы принять на основании существующих таблиц. Обычно устанавливается общий, увеличенный по размерам припуск. Диктуется это желанием сократить сложную и дорогую отделочную работу на прессе или молоте, заменив ее увеличенной механической обработкой и потерей металла в стружку. В этих случаях решающую роль играет опытность кузнеца и его навыки к данной работе.

Все эти примеры показывают, что при определении размеров припусков на поковках свободнойковки обязательно следует учитывать конфигурацию последних, а не стремиться к обобщениям и упрощениям, как это сделано т. Соколовым.

Рассмотрим теперь вопрос о допусках применительно к свободнойковке.

Как известно, в своей работе кузнец применяет весьма примитивные инструменты: топоры, прошивки, дорны, козлы, трехгранники, полуовалы, квадраты, наметки. Замеры горячей поковки он производит при помощи шаблонов. В этих условиях чем крупнее и сложнее конфигурация поковки, тем труднее выдержать требуемые размеры. Усадка после охлаждения поковки зачастую достигает значительной величины; определить ее заранее при сложных поковках иногда не удастся даже весьма опытному кузнецу. Таким образом кузнец, при всем его стремлении изготовить поковку с установленным припуском, будет все же получать отклонения. Их нельзя ставить вне зависимости от сложности и конфигурации поковки, как это делает т. Соколов. Чем сложнее поковка, чем ее размеры крупнее, чем больше вычосов, тем серьезнее следует подходить к определению припуска и к отклонениям от него, т. е. к допускам.

Обычно величина допуска колеблется в пределах 0,25—0,35 припуска, определяемых по экономическим соображениям. Более жесткие допуски требуют большей отделочной работы пресса или молота, а следовательно, и большей затраты рабочего времени и более высокой квалификации рабочих.

С нашей точки зрения и плюсовой и минусовый допуски должны быть равны так как допущенная кузнецом погрешность в ту или иную сторону может быть одинаковой.

У штампованных поковок припуски и допуски можно рассматривать отдельно, но у поковок свободнойковки этого сделать нельзя.

II

О методе построения системы припусков и допусков для поковок

Инж. В. П. РОМАНОВСКИЙ

Весьма актуальный вопрос о построении общесоюзной системы припусков и допусков для поковок не нов. Он был поднят и обсуждался во ВНИТОКШ еще в 1941 г., но война помешала довести вопрос до окончательного разрешения.

Изложенный в статье И. Г. Соколова метод построения припусков и допусков имеет ряд правильных и практически приемлемых положений. Однако наряду с этим он изобилует принципиальными ошибками и недостатками, что делает предлагаемый метод в данном виде непригодным.

К правильным положениям относятся:

1. Тесная взаимосвязь между припусками и допусками.

2. Предложение о необходимости установления системы допусков с разделением по классам или группам точности, в зависимости от требуемой точности применяемой технологии, оборудования и инструмента¹, а также об аналогичном построении системы припусков.

3. Применение размерного, а не весового принципа построения системы допусков для штампованных поковок.

Теперь рассмотрим основные недостатки и ошибки.

1. Система построения припусков и допусков основана не на анализе технологических факторов, определяющих их величину, а на сопоставлении нормативных данных различных заводов и ведомств. Графически сопоставляя эти разноречивые данные, автор методом интерполяции намечает ряд кривых, соответствующих предлагаемым классам, принимая их как продолжение грубых классов точности по ОСТ в той же геометрической прогрессии. Технологические факторы, определяющие точность изготовления поковок, хотя и перечислены автором (стр. 48), но никакого отражения в обосновании метода не получили. Поэтому, как будет указано ниже, отдельные выводы из системы И. Г. Соколова идут в разрез с общеизвестным влиянием некоторых технологических факторов на точность поковок. Полное игнорирование анализа технологических элементов производства и отдельных факторов лишает как статью, так и метод технологической обоснованности и убедительности. Не может не вызвать удивления, что автор обосновывает свою систему на источниках, признанных им самим в начале статьи ненаучными и неприемлемыми (стр. 50).

2. Таблица допусков закрепляет намеченные классы одновременно не только за различными степенями точности поковок, но также и за различной серийностью, что неправильно.

Во-первых, разделение на массовое, крупно- или мелкосерийное и индивидуальное производства в данном случае весьма условно. В каждом серийном производстве имеются детали, изготавливаемые увеличенными сериями, массовым порядком, и в каждом индивидуальном — вырабатываемые серийно.

Во-вторых, непонятно, почему 9-й класс точности штампованных поковок (необрабатываемые, повышенной точности) должен быть отнесен только к массовому производству, а 10-й класс — к крупносерийному и т. д.; почему сходные крупные поковки, изготавливаемые свободной ковкой под молотами, должны коваться с разной точностью для мелкосерийного и для индивидуального производства (1—2 шт. в месяц или в год). Ведь каждая из этих поковок в обоих случаях будет коваться индивидуально и теми же приемами.

Такое закрепление классов точности поковок одновременно по двум совершенно различным параметрам приводит к ряду несуразностей. Например, отнесение необрабатываемых штампованных поковок повышенной точности к 9-му классу и одновременно только к массовому производству совершенно нелепо. Штамповка без по-

¹ Построение системы припусков и допусков по классам точности поковок впервые было предложено инж. В. Э. Макаровичем в 1927 г. Этот метод был опубликован в русских и иностранных журналах, но не получил практического применения главным образом вследствие допущенных автором условностей и упрощений, затруднявших конкретное применение данного метода.

следующей механической обработки применяется и в серийном самолетостроении и в мелкосерийном судостроении, причем главным требованием, кроме качества, является повышенная точность и недопустимость перевеса деталей. Исходя же из серийности производства по шкале автора, для этого типа судостроительных штамповок следует устанавливать допуски по 11-му классу точности. Это неприемлемо по величине отклонений и вместе с тем абсурдно, так как 11-й класс отнесен автором к свободной ковке.

3. Нельзя согласиться с отнесением штамповки в подкладных штампах к группе свободнойковки, как это делает автор. Эти процессы, кроме оборудования, ничего общего между собой не имеют и технологически не могут быть отождествлены.

Говоря о различных классах точности поковок, необходимо различать поковки свободнойковки точные — необрабатываемые или частично обрабатываемые, и грубые — обрабатываемые. Делить же их на поковки мелкосерийного и индивидуального производства неправильно.

4. Поясняя характер поковок 9-го класса (повышенной точности и массового производства), автор приводит в качестве примера медицинский инструмент. Из таблицы допусков видно, что для инструмента размером 100—200 мм следует брать допуск $\pm 1,5$ мм. Это ошибочно и практически неприемлемо. На заводе «Красногвардеец» хирургический инструмент изготавливается не по 9-му, а по 7-му классу точности с допусками, достигающими до $\pm 0,2$ — $0,1$ мм, причем достигается это за счет повышенной точности штампов, особых условий нагрева и способов штамповки. Эти примеры показывают, что таблица допусков диаметрально противоположна тезисам, приводимым автором в начале статьи. Кроме того, медицинский инструмент в своем большинстве относится к малосерийному производству (выпуск от 300 до 1000 шт. в год) и лишь пинцеты изготавливаются крупносерийно. Таким образом отнесение данного производства к типу массовых произвольно и не обосновано.

5. Таблица допусков дана в виде, непригодном для практического пользования. Прежде всего она построена теоретически абстрактно, с распространением штамповки до размеров 3550 мм, еще неизвестных в истории техники. Говоря об интервалах размеров, следует указать, что они не соответствуют острированным интервалам. Брать 9-й класс точности по ОСТ и переделывать его на другие размеры не рекомендуется.

Построение таблицы допусков в зависимости только от одного наибольшего размера поковки следует признать неправильным, так как при одной и той же длине, но разной толщине штампованные поковки будут изготовлены с различными погрешностями и с неодинаковой точностью. Для штампованных поковок величина допуска должна быть выражена в виде зависимости от наибольшей длины и толщины поковки.

Из таблицы допусков вытекает, что автор устанавливает одну и ту же величину допуска по толщине и по ширине поковок. Для штампованных поковок это не соответствует действительной природе погрешностей по этим направлениям, так как они различны и вызываются совершенно разными причинами. Для свободнойковки допуски могут быть одинаковы в любом направлении.

Симметричное построение допусков (с одинаковой величиной плюсовых и минусовых отклонений) для штамповки совершенно не обосновано и противоречит природе отклонений. Большинство причин, вызывающих погрешности при штамповке, приводит к преобладанию плюсовых отклонений, величина которых для штампованных поковок, как правило, должна быть больше минусовых.

Для необрабатываемых поковок, чтобы уменьшить возможность большого перевеса, допустимо смещать поле допуска в минусовом направлении; однако номинальный размер поковки при этом обязательно должен быть уменьшен на величину смещения.

Для свободнойковки, вследствие совершенно иного характера формоизменений, может быть применено симметричное расположение допуска.

Таким образом единообразная система допусков для штамповки и для свободнойковки, игнорирующая различные приемы и методы формоизменений и причины, вызывающие совершенно различные погрешности поковок, является неправильной и необоснованной.

6. Касаясь вопросов о припусках, автор вначале дает правильное определение назначения и структуры припуска, но затем совершенно неверно определяет его величину (стр. 53).

Для припуска, начисляемого на сторону, должна быть учтена не полная величина отрицательного отклонения ($\frac{1}{2}$ полного допуска), а половина его (при симметричном допуске — $\frac{1}{4}$ полного допуска).

Величина припуска должна определяться по формуле:

$$n = A + \frac{(-\delta)}{2},$$

где n — номинальный припуск на сторону;

A — минимально-гарантийный припуск (дефектный слой + погрешности механической обработки);

δ — величина отрицательного отклонения на размер.

В результате допущенной автором ошибки величины припусков, приведенные в табл. 4, неверны.

7. Данные по припускам непригодны для практического пользования также вследствие других ошибок. Так, автор неправильно определяет величину A , входящую в состав припуска, как величину дефектного слоя (не зависящую от размера детали) и принимает ее равной 1,5 мм для деталей простой конфигурации и 2 мм — для сложных. Поэтому величины припусков для различных размеров различаются исключительно по величине допуска, входящего в состав припуска.

Все это принципиально неверно, так как величина A представляет собой не величину дефектного слоя, а минимально-необходимый припуск, включающий: дефектный слой + припуски на погрешности и смещения при установке на станках + межоперационные припуски на обработку + припуски на компенсацию прогиба или деформации деталей при обработке. Эти величины зависят и от типа (конфигурации), и от размеров детали, и от степени чистоты обработки; принимать их одинаковыми для деталей всех размеров нельзя.

8. Вследствие этих принципиальных ошибок, автор получил абсурдный результат по припускам для штампованных деталей 9-го класса. Ранее он характеризовал этот класс как группу деталей большой точности, подвергающихся незначительной обработке, а практически даже и необрабатываемых путем снятия стружки (медицинский инструмент). Получается, что медицинский инструмент следует штамповать с припусками в 4 мм на сторону. В действительности же эти детали штамуются или совсем без припусков, или с припусками в несколько десятых миллиметра на шлифовку и полировку.

9. Таблица припусков имеет и менее принципиальные, но существенные дефекты: в ней штамповка опять механически относится ко всем интервалам размеров вплоть до 3600 мм; отсутствует разграничение и различие величины припусков в зависимости от знаков обработки. Припуски неправильно названы «наибольшими». В действительности это номинальные припуски, которые определяют номинальный размер поковок и начисляются на номинальный размер обработанной детали.

Наибольшим припуском следует называть наибольшую предельную величину его, включающую полную величину плюсового допуска.

В итоге возможно прийти к следующим выводам.

1. Метод построения припусков и допусков для поковок, предложенный И. Г. Соколовым, хотя и имеет ряд правильных и приемлемых положений, но в данном виде не может быть рекомендован ни для практического пользования, ни в качестве основы при разработке общесоюзного стандарта.

2. Общесоюзный стандарт должен быть разработан на основе строгого анализа технологических элементов производства с подразделением на классы (группы) точности поковок, с использованием 7, 8 и 9-го классов точности по ОСТ и введением новых более грубых классов (по Макарову или Соколову).

3. Так как точность поковок зависит от технологии, применяемого оборудования и штампов, то ее классы должны отражать не общее указание на серийность, а конкретные технологические способы штамповки (прецизионную, калибровку-чеканку, штамповку на макси-прессах, закрытую безоблойную, обыкновенную на молотах, в подкладных штампах), свободную ковку точную, обычную и грубую. В крайнем случае, после соответствующего анализа, некоторые из классов точности поковок могут быть подразделены на группы по серийности производства.

4. Недопустимо упрощение системы припусков и допусков за счет снижения практической ценности и пригодности, или потери конкретности. В частности, система допусков для штамповки не должна быть построена единообразно с системой допусков для изделий свободнойковки. Обе системы могут быть даны даже отдельно. Стремление к упрощению и объединению всей системы в 1—2 таблицах, как показывает опыт, не дает положительных результатов.

5. Численные величины допусков должны быть получены на производстве, подвергнуты анализу и корректированию, а не определены путем интерполяции различных, в том числе неправильных и неприменяемых нормативов. Величина допуска для штампованных поковок должна быть выражена в виде зависимости от наибольшей длины и толщиныковки: допуски по толщине должны быть обособлены от допусков по ширине.

6. Нормативы по припускам должны быть основаны на детальном анализе погрешностей и требований механической обработки, построены по группам (классам) точности и могут быть подразделены по серийности.

Величины припусков должны быть разграничены по типам или сложности конфигурации изделий и по чистоте обработки (∇ и $\nabla\nabla$), а также выражены в виде зависимости от наибольшей длины и высоты изделия.

Не обеспечено внедрение средне-прогрессивных норм

Инж. В. В. КЕРЕКЕШ

(Бюро технических нормативов Министерства станкостроения СССР)

Статья канд. техн. наук И. Г. Соколова «Метод построения допусков и припусков на механическую обработку поковок» содержит ряд положений, с которыми нельзя согласиться. Тов. Соколов ошибочно полагает, что многие заводы и отрасли промышленности (авиационная, станкостроительная и др.) применяют неправильный принцип установления допусков. В действительности заблуждается автор, считая, что величина допуска представляет собой скрытую величину полного припуска и что указанные им заводы и отрасли устанавливают допуски независимо от размеров данного изделия.

В предлагаемом автором методе не учитывается конфигурация и неотъемлемо связанная с ней технологияковки и штамповки. Правильность метода не подтверждается не только заводским опытом, но даже и тем графическим анализом, который сам автор дает в своей статье.

Произвольны и ничем не обоснованы группы точности, условно обозначаемые автором, как 10-я, 11-я и 12-я. В самом деле, коэффициент 1,58, принятый для механической обработки, нельзя считать приемлемым дляковки и штамповки.

Автор основывает свои выводы на обобщенных системах припусков и допусков, не имеющих никакой взаимной связи, взятых из различных условий производства, учитывающих различные факторы и поэтому несравнимых.

Тов. Соколов приводит ряд факторов, влияющих на величину припусков и допусков. В то же время в своем методе он учитывает только один из них, а именно наибольший измеряемый размер.

Однако даже и в этом случае автор неправ. Для значительного количества поковок размером до 100 мм в передовом производстве припуски и допуски неодинаковы. Они различны даже для одного и того же размера при применении универсального кузнечного инструмента, как, например, пружинных каталок. Припуски и допуски при свободной ковке гладкого вала диам. 80 мм в пружинных каталках и на плоских бойках будут разными, а не одинаковыми, как это указано в табл. 1 и 4 статьи т. Соколова.

Только один наибольший измеряемый размер детали недостаточен для правильного выбора припусков и допусков. Круглая и гладкая поковка диам. 250 мм при разных, но ходовых длинах будет иметь различные припуски: при крупносерийном производстве они будут в пределах $1,25 \div 3,25$ мм, а не 4 мм, как дано в табл. 4; при серийном производстве— $1,5 \div 3,5$ мм, а не 5 мм; при одиночном— $4 \div 4,5$ мм, а не 6 мм.

Характерно, что для всех размеров до 300 мм автор считает нормальным припуск на сторону 6 мм. Для индивидуального производства в табл. 1 дается допуск: при размере до 100 мм ± 4 мм, когда достаточно $\pm 1,5$ мм; до 300 мм $\pm 5,5$ мм вместо ± 2 мм; до 600 мм $\pm 9,0$ мм вместо ± 4 мм.

Рассматривая приводимые в табл. 1 и 4 численные значения допусков и припусков, необходимо сделать вывод, что автор базировался на «нездоровом» металле и несоответствующей, слабой, квалификации рабочих.

Приходится напомнить автору, что при разработке нормативов следует исходить из нормальных, а не из отсталых условий производства. Примененный им принцип в корне противоречит указаниям Правительства о внедрении средне-прогрессивных норм. Кроме того, нормативы должны составляться так, чтобы разные лица, пользуясь ими, получили бы один и тот же результат. Этот существеннейший принцип разработки нормативов в рекомендуемых автором материалах не выдержан.

Не можем также не указать автору, что, например, круглых поковок диам. 3600 мм в массовом производстве не бывает и кузнечно-штамповочного оборудования для этой цели не существует.

В заключение мы считаем необходимым подчеркнуть, что припуски и допуски на поковки должны устанавливаться на основе исчерпывающего знания кузнечно-штамповочной технологии, передовых условий производства и хотя бы элементарных принципов построения технических нормативов.

От редакции. Редакция отмечает исключительную актуальность ряда вопросов, поднятых в статье инж. Соколова, при ошибочности методов, предложенных автором для их решения. В одном из ближайших номеров нашего журнала будут освещены результаты проводимого Всесоюзным комитетом стандартов при Совете Министров СССР обсуждения проекта стандарта (разработанного автором статьи, т. Соколовым) на допуски и припуски для поковок.

✓ Время нагрева кузнечных заготовок

Канд. техн. наук В. Н. СОКОЛОВ

В печной лаборатории ЦНИИТМАШ исследовалось время нагрева кузнечных заготовок при различных температурных режимах работы печей.

Опыты проводились на заготовках из углеродистой стали (0,4% С) диам. до 100 мм и длиной, равной четырем диаметрам. Заготовки нагревали в камерной газовой печи с подом 600×800 мм, предварительно нагретой до определенной температуры. Эта температура во время опытов поддерживалась постоянной и измерялась платино-платинородиевой термопарой с защищенным горячим спаем.

Чтобы нагрев заготовок был равномерным со всех сторон, их загружали в печь на специальных железных подставках. Нагрев контролировали, измеряя температуру в центре и на поверхности образцов. Термопары вставлялись в отверстия, просверленные в образцах в двух местах: одно в центре — по их оси до середины диам. 9 мм, другое — небольшое — на поверхности диам. 2 мм. Во второе отверстие зачеканивали коромысло термопары, что обеспечивало хороший контакт с металлом и более точное измерение температуры поверхности. Температуру определяли с точностью до 5° и наблюдали за ее изменением до полного ее выравнивания по сечению образцов. По данным измерения температуры строили кривые нагрева заготовок, т. е. кривые изменения температуры заготовок в зависимости от времени (рис. 1).

Нагрев заготовки при постоянной температуре печи идет таким образом, что температура особенно энергично повышается в начале нагрева. В это время температура центра заготовки максимально отстает от температуры ее поверхности. При высоких температурах достигается наибольшая разность их по сечению вскоре после посадки заготовки, а при низких — этот максимум выражен не так явно и наблюдается несколько позднее.

В критическом интервале температур после 720° повышение температуры замедляется, что особенно сильно выражено для центра заготовки. В этот момент на кривой разности температур получается второй максимум, несколько меньший, чем первый.

После критической точки кривая температуры центра заготовки быстро повышается, и разность температур по сечению уменьшается. Момент, когда поверхность образца достигает температуры печи, совпадает с полным выравниванием температуры по сечению заготовки. Этот момент принимался за конец нагрева. При высоких температурах он явно выражен и легко может быть зафиксирован; при низких — повышение температуры заготовки в конце нагрева идет очень медленно, и точное определение конца нагрева затруднительно.

Влияние температуры печи

Температура печи — наиболее важный фактор, определяющий время нагрева. С ее повышением увеличивается количество тепла, передаваемое от продуктов горения и стенок печи нагреваемому металлу. Вследствие повышения коэффициента теплопередачи с ростом температуры печи время нагрева заготовок уменьшается. Чтобы выявить зависимость времени нагрева от температуры печи, опыты проводились при четырех температурах последней: 1100, 1200, 1300 и 1400° (рис. 2). При 1200° заготовка нагревалась за 19 мин., а при 1400° — за 11 мин. Повышение температуры печи очень ускоряет нагрев заготовок. Результаты сравнения кривых для различных температур печи показывают, что расхождение возникает с момента посадки заготовки в печь. В начале нагрева изменение температуры идет почти по прямой линии, но спустя некоторое время наблюдается постепенное отклонение. Это отклонение начинается тем раньше и по величине тем больше, чем ниже температура печи и чем толще заготовка. Для тонких заготовок почти прямолинейная зависимость держится до очень высоких температур, после чего наступает замедление нагрева.

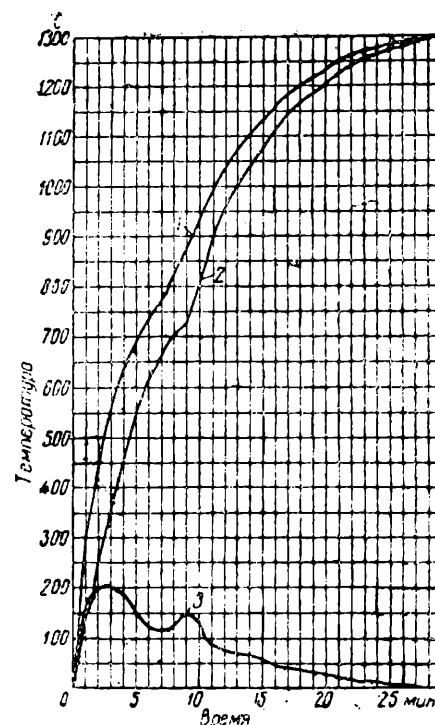


Рис. 1. Нагрев заготовки диам. 100 мм при температуре печи 1300°.

1 — температура поверхности; 2 — то же центра; 3 — разность температур. Время нагрева — 29 мин.

Заготовка диам. 25 мм нагревается до 1300° при температуре печи 1400° за 3 мин., а с 1300 до 1400°, т. е. всего на 100°, — уже за 3,5 мин.

Для определения времени нагрева при переходе от одной температуры печи к другой необходимо производить пересчет этого времени. При этом надо знать, насколько оно сократилось при переходе к другой температуре печи. Пользуясь данными опытов, можно определить зависимость уменьшения времени нагрева от повышения температуры печи, выражая ее в процентах от времени нагрева при начальной температуре печи.

Время нагрева заготовки диам. 100 мм сокращается на 12—19% на каждые 100° повышения температуры печи с 1100 до 1400°, если его относить ко времени нагрева при температуре печи 1100°.

В практических условиях необходимо знать, насколько понижается время нагрева относительно любой температуры печи. Как видно из рис. 3 и табл. 1, процент сокращения времени нагрева возрастает с увеличением начальной температуры печи.

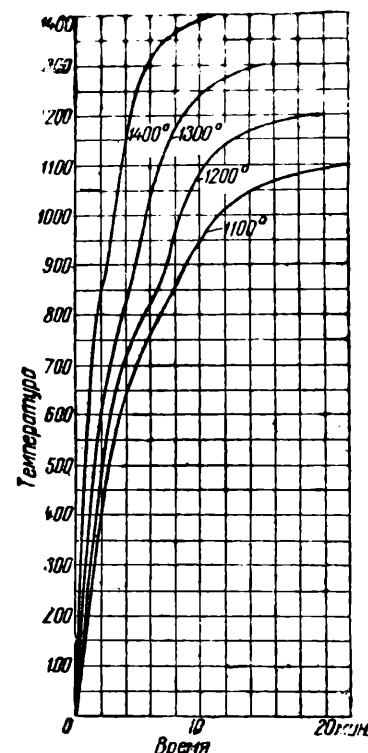


Рис. 2. Изменение температуры поверхности заготовки диам. 50 мм при различных температурах печи

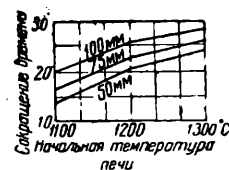


Рис. 3. Сокращение времени нагрева при каждом повышении температуры печи на 100°

При больших температурных напорах время нагрева резко понижается. Как видно из рис. 4, кривые круто падают до напора в 100°, а после этого идут полого, что свидетельствует об интенсивном понижении времени нагрева при небольших температурных напорах. Это имеет большое практическое значение.

Чтобы сильно сократить время нагрева, нет необходимости поддерживать очень большие конечные температурные напоры между температурой печи и температурой нагрева заготовки. Например, при температурном напоре в 50° время нагрева сокращается до 35%. Зависимость понижения времени нагрева от температурного напора показана на рис. 5.

Таблица 1

При повышении температуры печи, °C	Сокращение времени нагрева, %	От времени нагрева при температуре, °C
1100—1200	15—20	1100
1200—1300	20—25	1200
1300—1400	25—30	1300

Влияние величины перепада температур между печью и заготовкой

Приведенные данные относятся ко времени нагрева заготовок до температуры печи. При нагреве заготовки под ковку температуру ее не доводят до температуры печи, а нагрев кончают при некотором перепаде температур между печью и поверхностью заготовки. Эту разность температур будем называть «конечным температурным напором». Допуская в конце нагрева некоторый температурный напор, можно время нагрева значительно сократить.

При выборе величины конечного температурного напора необходимо учитывать, что с его увеличением разность температур по сечению заготовки возрастает. Эта разность при температурных напорах до 100° мало зависит от диаметра заготовки и от температуры печи. Важным является наличие небольших разностей температур по сечению; при большом температурном напоре его конечную допустимую величину следует выбирать осторожно для толстых заготовок не только при высоких температурах (1400°), но и при низких (1100°), так как в этом случае при большом температурном напоре нагрев кончается вблизи критических температур и вследствие этого повышается разность температур по сечению заготовки. При данном разном разном заготовок это явление мало наблюдалось.

В среднем получается следующая закономерность:

Конечный температурный напор, °C	25	50	75	100	150
Разность температур по сечению, °C	10—15	15—20	25	35	50

Такие разности температур для нагрева под ковку не имеют существенного значения. Поэтому здесь может быть допущен температурный напор в конце нагрева до 100—150°.

Время нагрева понижается при разных температурах печи почти одинаково и характеризуется следующими данными:

Конечный температурный напор, °С	25	50	100	150	200
Сокращение времени нагрева (% от времени при температурном напоре в 0°), %	25	35	50	57	62

Время нагрева сокращается наполовину при конечном температурном напоре 100°. С увеличением же его еще на 100°, т. е. до 200°, время нагрева сокращается дополнительно еще только на 12%.

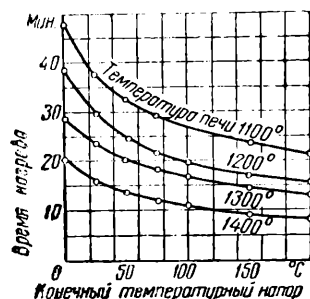


Рис. 4. Изменение времени нагрева заготовки диам. 100 мм в зависимости от конечного температурного напора при различных температурах печи

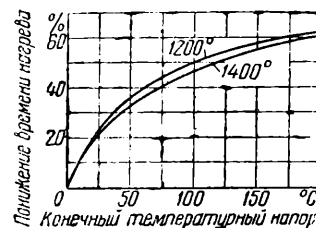


Рис. 5. Уменьшение времени нагрева в зависимости от конечного температурного напора

Влияние размера заготовок

С увеличением диаметра заготовки время нагрева возрастает. Зависимость между этими двумя величинами исследовалась на заготовках диам. 25, 50, 75 и 100 мм (рис. 6). Расхождение в кривых нагрева наблюдается почти с самого начала, а при высоких температурах печи оно в начале нагрева небольшое.

Результаты определения времени нагрева при различных температурах печи и разных диаметрах заготовки приводятся на рис. 7. Время нагрева заготовки данного диаметра меняется в очень широких пределах. В зависимости от режима нагрева разница получается до 700%. Например, время нагрева заготовки диам. 100 мм при температуре печи 1400° и температурном напоре 200° (температура нагрева металла 1200°) равно 8 мин., а при температуре печи 1100° и при температурном напоре 0° (нагрев заготовки до 1100°) оно составляет 49 мин.

На практике важно установить нормальное время нагрева заготовок при наиболее эффективном сокращении его продолжительности и при допустимой разности температур по сечению заготовок. Рациональный нагрев заготовок в кузнечных печах должен производиться при конечном температурном напоре 100—150°.

Нормальной температурой кузнечной печи, обуславливающей ее высокую производительность, следует считать 1300—1350°. Поэтому нормальное время нагрева при температуре нагрева заготовок 1200° из стали с 0,45—0,60% С будет выражаться кривой (рис. 7), соответствующей температурному напору 100° при температуре печи 1300°.

Это время нагрева заготовок углеродистой стали с 0,45—0,60% С составляет:

Диаметр, мм	25	50	75	100
Время нагрева при температуре печи 1300°, мин.	3	8	12	18
Время нагрева на 1 мм диаметра, мин.	0,12	0,16	0,16	0,18

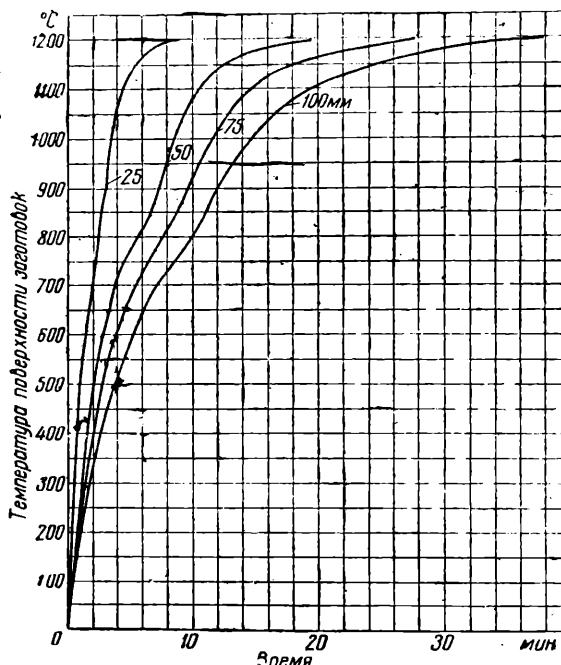


Рис. 6. Изменение температуры поверхности заготовок различных диаметров при температуре печи 1200°

Пользуясь кривыми рис. 7, можно определить время нагрева при любых условиях, которые могут встретиться на практике. Они охватывают большой интервал температур печи и температур нагрева металла.

Таблица 2

Время нагрева углеродистых сталей при температуре печи 1350°, мин.					
Верхний предел содержания углерода в стали, %	Наивысшая температураковки, °C	Диаметр заготовок, мм			
		25	50	75	100
0,4	1275	4,0	8,5	11	15
0,7	1250	3,5	8	10	13,5
1,1	1200	3,0	7	9	12

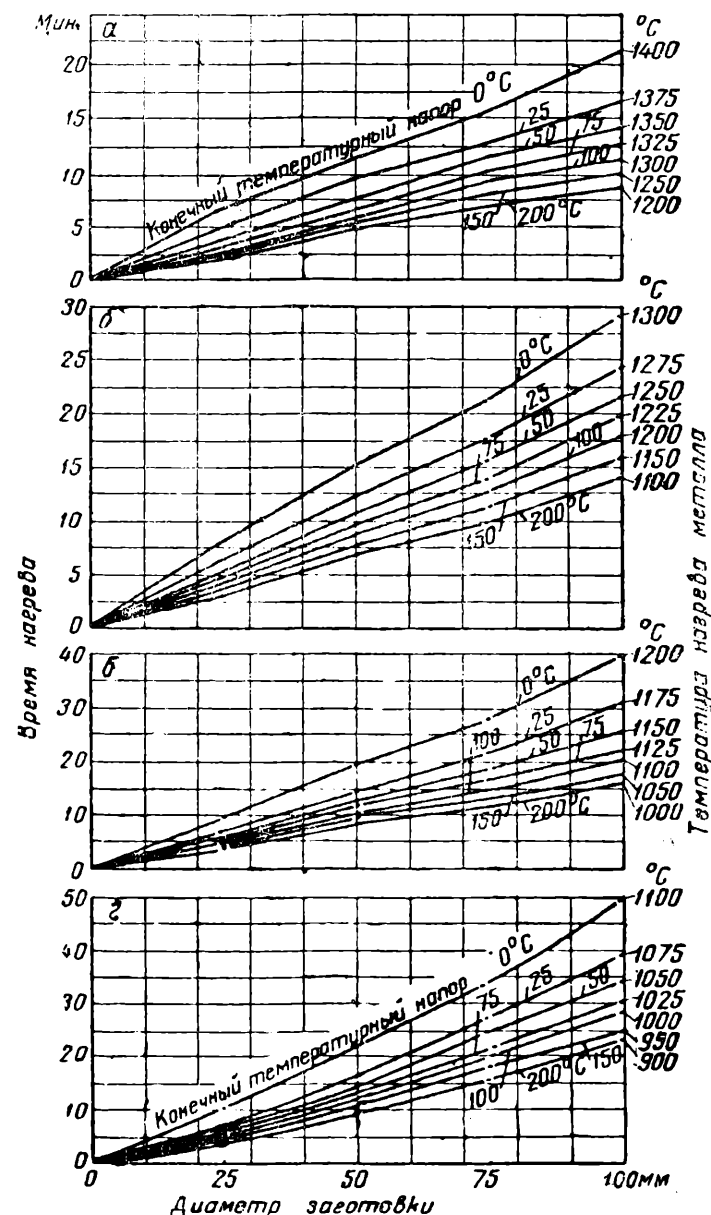


Рис. 7. Зависимость времени нагрева от диаметра заготовки и от температурного режима работы. Начальная температура 20°, температура печи: а — 1400°; б — 1300°; в — 1200°; г — 1100°

Определяя время нагрева заготовок, необходимо учитывать изменение температуры нагрева от содержания углерода в стали. Для примера установим время нагрева сталей с различным содержанием углерода при температуре печи 1350°, интерполируя данные рис. 7.

В табл. 2 приведено время нагрева заготовок из стали, содержащей 0,25—0,60% С.

С повышением содержания углерода в стали время нагрева при одинаковой температуре печи должно понижаться, и нагрев заготовок необходимо кончать при более низкой температуре металла во избежание его пережога. По данным табл. 2 время нагрева заготовки диам. в 100 мм при повышении содержания углерода в стали с 0,4 до 1,1% необходимо сокращать с 15 до 12 мин., т. е. на 20%. В этом случае температура нагрева металла не превысит допустимых температур. Таким образом, пользуясь результатами опытов, можно определить время нагрева при любых условиях работы, что позволит рационально использовать мощность печей, увеличить их производительность и понизить брак из-за неправильного нагрева металла.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Кооперирование — мощный рычаг дальнейшего развития машиностроения

Инж. И. С. МАКСИМОВ

(Госплан СССР)

Кооперирование в машиностроении является мощным средством выполнения производственного плана послевоенной Сталинской пятилетки, — оно позволяет полнее использовать мощность заводов, а следовательно, и имеющиеся резервы машиностроения, увеличив выпуск продукции.

Кооперирование необходимо каждому машиностроительному предприятию: современное машиностроение основано на развитой специализации и широком кооперировании предприятий как между отдельными отраслями промышленности, так и между предприятиями внутри этих отраслей. В отечественном машиностроении кооперирование предприятий приобрело в настоящее время весьма значительные размеры и осуществляется двумя путями.

Во-первых, кооперируются заводы, выпускающие основную продукцию, т. е. готовые машины, с заводами, выпускающими отдельные детали и узлы машин. Эти специализированные предприятия-поставщики обычно изготавливают стандартную продукцию поточно-массовым или серийным способом для всех отраслей народного хозяйства.

Выпускаемая этими предприятиями продукция (подшипники, электромоторы, насосы, метизы и т. п.) отличаются большой точностью и низкой себестоимостью по сравнению с аналогичными деталями или узлами машин, изготовленными на предприятиях индивидуального производства, не приспособленных для выпуска указанных изделий.

Во-вторых, кооперируются между собой предприятия, выпускающие аналогичную или близкую по своему назначению продукцию. Эти предприятия не имеют прямой производственной взаимозависимости, и поставляемые ими детали или узлы машин обычно изготавливаются по специальным техническим условиям и чертежам заказчика и выполняются как разовые заказы. В таком случае кооперирование имеет целью полнее использовать мощность отдельных предприятий. Например, у одного из них могут оказаться резервы по крупному или специальному оборудованию, а другое, наоборот, может располагать некоторыми резервами по мелкому или среднему оборудованию, — это создает основу для кооперирования между обоими заводами. Часто одни заводы имеют возможность изготовления литья или поковок, а другие зачастую вовсе лишены соответственных заготовительных цехов, это позволяет использовать резервы первых для более полного использования мощностей вторых.

Кооперирование в широком смысле, т. е. планируемые межотраслевые производственные связи, а в отношении специализированных стандартных изделий — внутриотраслевые связи, осуществляются материальными балансами и планами распределения, которые определяют соотношения, необходимые для выполнения основных заданий народнохозяйственного плана. Кооперирование же как форма взаимной производственной помощи предприятий внутри машиностроения относительно важнейших нестандартных деталей и узлов машин материальными балансами и планами распределения не учитывается.

Для выпуска крупных и сложных машин подобное кооперирование предприятий производилось обычно только по отдельным решениям правительства, но эти поставки важнейших деталей и узлов машин в порядке кооперирования в производственные планы предприятий-поставщиков зачастую не включались и выполнялись в последнюю очередь, после того как были выполнены производственные планы по выпуску основной продукции. Это сопровождалось несвоевременным выполнением поставок этих деталей и узлов машин, невыполнением заданий и в результате — невыпуском весьма важных для народного хозяйства машин, являющихся продукцией головных заводов.

Постановлением о Государственном плане восстановления и развития народного хозяйства на 1947 г. Совет Министров Союза ССР утвердил план кооперированных поставок важнейших деталей и узлов машин, а постановлением от 2 сентября 1947 г. установил ответственность за невыполнение кооперированных поставок смежными предприятиями и этим положил конец безответственному отношению к выполнению кооперированных поставок со стороны некоторых хозяйственных руководителей.

Соблюдая твердую большевистскую дисциплину в выполнении кооперированных заказов, машиностроительные предприятия неоднократно выполняли в короткие

сроки весьма ответственные задания правительства. Большую и очень напряженную программу выпуска вагонов в 1935 и 1940 гг. машиностроение выполнило только благодаря широкому кооперированию предприятий, когда производство отдельных деталей и узлов вагонов было поручено большому количеству предприятий, выпускавших вообще другую продукцию, и когда эти предприятия выполняли заказы на детали для вагонов как важнейшее государственное задание.

Во время Великой Отечественной войны все задания правительства о выпуске самолетов, танков, вооружения и боеприпасов успешно выполнялись путем широкого кооперирования предприятий, изготовлявших отдельные детали и узлы, а также литье, поковки и штамповки; при этом эти заказы выполнялись предприятиями-поставщиками своевременно и качественно.

Производство боеприпасов производилось с участием почти всех предприятий, имеющих механические или заготовительные цехи. Наряду с машиностроительными и предприятиями других отраслей, имеющих крупные заводы,—в изготовлении боеприпасов принимали участие также и предприятия местной республиканской промышленности и промкооперации и даже ремонтные цехи предприятий текстильной, пищевой, химической и других отраслей промышленности, которые производили механическую обработку корпусов снарядов мин, гранат или отдельных частей их, для чего получали необходимые заготовки от машиностроительных и других предприятий соответственной мощности. Производство танков, самолетов и вооружения также велось на основе широкого кооперирования предприятий.

Производственная дисциплина на заводах-поставщиках, выполнявших кооперированные заказы, в период Великой Отечественной войны была весьма высока: каждый руководитель и весь коллектив завода считал для себя своевременное и высококачественное выполнение заказа делом чести и патристического долга перед Родиной.

В настоящее время ни один завод не может выпускать машины без производственной помощи других предприятий, и поэтому кооперирование предприятий приобретает особо важное государственное значение.

При выполнении послевоенной Сталинской пятилетки вопросы кооперирования предприятий должны занимать одно из первых мест, особенно вопросы внутрирайонного кооперирования, предусмотренного решениями XVIII съезда ВКП(б).

По этому вопросу на первой сессии Верховного Совета СССР в марте 1946 г. в докладе „О пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг.“ товарищ Вознесенский говорил, что пятилетний план предусматривает „...продолжение работы по организации кооперирования предприятий внутри экономического района, в том числе кооперирование по литью, поковкам и штамповкам“.

Директива XVIII съезда ВКП(б) о том, чтобы организовать кооперирование предприятий внутри экономических районов, выполняется все еще неудовлетворительно, в связи с тем что ведомственный подход некоторых министерств зачастую приводит к нерационально дальним перевозкам поставок.

В период Великой Отечественной войны всякие ведомственные интересы были отброшены, и внутрирайонное кооперирование предприятий получило весьма большое распространение при выпуске самолетов, танков, вооружения и боеприпасов, что позволило выполнять в короткие сроки весьма ответственные и напряженные для промышленности задания правительства, давая продукцию высокого качества. Результаты такого внутрирайонного кооперирования предприятий наиболее ярко показаны в рапорте уральцев товарищу Сталину, когда они писали, что „на боевые уральские машины мы ставим нами же произведенные пушки, моторы, подшипники, свою электропроводку, радиоаппаратуру, резину техническую, пластмассовые изделия. Все это в годы войны мы научились вырабатывать у себя на Урале“.

За последнее время между некоторыми предприятиями установились нормальные взаимоотношения в отношении кооперированных поставок как с точки зрения районирования, так и использования существующих мощностей.

Уралмашзавод в выпуске нефтебуровых установок кооперируется с находящимся в том же городе заводом Министерства транспортного машиностроения, получая от него ряд важнейших деталей и узлов, как-то: коробки передач, фрикционы, топливные системы, приводы, аппаратуру смазки и охлаждения, установки воздухоочистителя и стартера, выхлопные трубопроводы и т. п. В свою очередь этот завод получает от Уралмашзавода заготовки литья и поковки для нефтебуровых установок. Такое взаимное кооперирование между заводами весьма удачно, позволяя полнее использовать мощность этих заводов, и позволяет избегать дальних перевозок. Уралмашзавод, имеющий весьма крупное оборудование с мощными грузоподъемными средствами, получает сравнительно мелкие детали и узлы машин, а местный завод Министерства транспортного машиностроения, у которого оборудование только мелкое и среднее с весьма слабыми грузоподъемными приспособлениями и заготовительными цехами, получает от Уралмашзавода соответственные заготовки.

Заводы Министерства тяжелого машиностроения выпускают шахтные подъемники, кооперируясь с заводами Министерства станкостроения и Министерства машиностроения и приборостроения, которые поставляют им важнейшие детали и узлы указанных машин.

Ленинградский металлический завод им. Сталина Министерства тяжелого машиностроения из заготовок ленинградского завода „Станколит“, производит для Горьковского завода фрезерных станков Министерства станкостроения механическую обработку шестерен и зубчатых ободов диаметром 2000—3000 мм, станин и столов диаметром 2000—3000 мм и других важнейших деталей, необходимых для производства специальных станков. В этом случае кооперирование является производственной помощью заводам Министерства станкостроения в изготовлении или производстве сложной механической обработки крупных и ответственных деталей станков, которые заводы Министерства станкостроения не могут изготовить из-за отсутствия у них соответствующего оборудования.

Наиболее существенно кооперирование для предприятий Министерства электропромышленности, которые без помощи предприятий Министерства тяжелого машиностроения и некоторых других не могут изготавливать турбогенераторы, гидрогенераторы и крупные электрические машины из-за отсутствия средств для крупных поковок с механической и термической их обработкой, а также из-за недостаточной мощности для крупных отливок, особенно из стали. Поэтому такие крупнейшие заводы Министерства электропромышленности, как „Электросила“, ХЭМЗ и др. для выпуска турбогенераторов, гидрогенераторов и крупных электромашин все крупные поковки и отливки с грубой механической и термической обработкой получают от заводов Министерства тяжелого машиностроения и др.

Все роторы и комплектующие кольца к ним для турбогенераторов в 100 тыс. квт, 50 тыс. квт и частично для турбогенераторов 25 тыс. квт, а также все валы для крупных гидрогенераторов как Нива-ГЭС, Нижней и Верхней Свири и др. завод „Электросила“ получает от заводов тяжелого машиностроения.

Производство роторов для генераторов является весьма сложным и ответственным делом, так как все они изготавливаются из высоколегированной стали и вес их после грубой механической обработки и сверловки составляет 25—50 и даже 100 т. Полный цикл производства ротора на заводе-поставщике, начиная от изготовления специального слитка, проковки его на мощном прессе и затем грубой механической обработки наружной поверхности и внутренней расточки и кончая термической обработкой,—длится от двух до трех месяцев. Такие поставки требуют от руководителей и специалистов заводов и министерств повседневного внимания.

На некоторых машиностроительных заводах заказы, выполняемые в порядке кооперирования, занимают незначительное место в производственной программе завода (всего лишь 1,5—2%), и поэтому этими заказами руководители заводов часто пренебрегают, считая их маловажными и второстепенными. Между тем на предприятиях-потребителях от своевременного выполнения этих кооперированных заказов зависит нормальный ход всего производства, и выпуск важнейших машин весьма часто не выполняется.

Чтобы наше социалистическое хозяйство развивалось по плану, руководителям и специалистам заводов и министерств необходимо помнить, что „нарушение кооперированного заказа, несвоевременная или недоброкачественная поставка нарушают ход выполнения государственного плана“. (Правда, 30/VIII 1946 г.) Законом должно стать указание товарища Орджоникидзе, „...что при кооперировании особо нужна строжайшая производственная дисциплина. Тут каждая отдельная деталь должна быть подана во-время,— иначе ничего не выйдет, иначе может получиться хаос“ (С. Орджоникидзе „О задачах тяжелой промышленности и стахановского движения“, Партиздат, 1936).

Из всего сказанного следует, что проведением широкого кооперирования предприятий как весьма мощного средства увеличения выпуска продукции и выполнением всех кооперированных заказов точно в установленные сроки и качественно, машиностроение сможет с меньшими затратами выполнить и перевыполнить план послевоенной Сталинской пятилетки.

От редакции

Помещая статьи по вопросам специализации и кооперирования машиностроительных заводов, Редакция отмечает исключительную актуальность этих вопросов в свете задач нового пятилетнего плана. Несмотря на существенные достижения отечественного машиностроения в деле межзаводского кооперирования, последнее должно быть развито значительно шире, нежели это имеет место в настоящее время. Особо важным является выполнение директивы XVIII съезда ВКП(б) об организации кооперирования предприятий внутри экономических районов. Необходимо форсировать развитие планового и систематического кооперирования по заготовкам, а также по деталям, узлам и агрегатам. Первоочередное внимание должно быть уделено созданию производственных баз для массового выпуска высококачественных и дешевых машиностроительных деталей общего назначения (зубчатых колес, редукторов, болтов и других крепежных деталей различной арматуры, муфт и т. д.) для снабжения ими заводов как в рамках отдельных министерств, так и в более широком масштабе.

Специальные заводы и цехи по редукторостроению

Канд. техн. наук, доц. Б. А. ТАЙЦ

Редукторостроение имеет ряд особенностей, требующих выделения его в самостоятельную отрасль. При производстве редукторов применяется большое количество различных специальных станков и инструмента—режущего и мерительного, требуются испытательные стенды и другое оборудование.

Опыт производства редукторов на ряде машиностроительных заводов показывает, что число станко-часов, затрачиваемых на зуборезные операции, колеблется от 12 до 20% от общего числа часов, затрачиваемых на изготовление редукторов весом от 50 до 3000 кг, парк же зубообрабатывающих станков составляет от 25 до 40% общего числа станков, используемых на заводе при производстве редукторов. Такое положение следует признать естественным, если учесть узкую специализацию зубообрабатывающих станков и связанный с этим пониженный коэффициент их загрузки.

Отсутствие специальных редукторостроительных заводов сильно отражается на качестве выпускаемых редукторов. При малом количестве производимых редукторов машиностроительные заводы не могут быть обеспечены узко специальными станками, например, для нарезания шевронных колес без дорожки, конических колес с криволинейными зубьями, глобоидных червячных передач и т. д. Поэтому конструкция выпускаемых редукторов обычно упрощается в ущерб их размерам и долговечности.

При мелко-серийном изготовлении редукторов большие затруднения возникают также в отношении использования мощности станков на черновых операциях зубонарезания. В связи с тем, что точность зубчатых и червячных колес в значительной мере зависит от точности зуборезных станков, их обычно нагружают несильно, что приводит к снижению производительности на предварительных операциях. В условиях специализированных заводов станки могут быть разделены на предназначенные только для чистовых проходов и на станки для предварительной нарезки, обладающие пониженной точностью, но используемые на повышенных режимах.

Специализированные редукторостроительные заводы и цехи должны выпускать редукторы нормального ряда в комплекте со всеми вспомогательными устройствами по смазке—маслонасосами, фильтрами и фильтроохладителями для масла, маслоотстойниками, приборами контроля за смазкой, а также соединительными муфтами.

Программа заводов должна включать в себя различные типы редукторов и запасные части (зубчатые пары и валы) к импортным и отечественным редукторам, работающим в различных отраслях промышленности (бумажной, цементной, металлургической и т. д.).

В первую очередь редукторостроительные заводы и цехи должны наладить выпуск: 1) одноступенчатых редукторов с цилиндрическими зубчатыми передачами с межосевым расстоянием от 100 до 1000 мм, т. е. диаметрами колес до 1820 мм и шириной до 600 мм; 2) двухступенчатых редукторов с межосевым расстоянием тихоходной ступени от 150 до 500 мм, т. е. с диаметрами колес до 860 мм и шириной до 200 мм; 3) червячных редукторов с межосевым расстоянием от 80 до 360 мм, т. е. с диаметром червячного колеса до 660 мм. В основном заводы должны быть ориентированы на изготовление редукторов по 2-му классу точности, но иметь возможность выпускать их по 1-му классу.

Редукторостроительные заводы и цехи должны выпускать главным образом редукторы, входящие в нормальный ряд, и лишь в отдельных случаях—комбинированные (цилиндро-конические, червячно-цилиндрические и др.), а также трехступенчатые.

Опыт показывает, что до 60% программы (по количеству) должны составлять цилиндрические редукторы, около 20%—червячные, а остальная часть программы должна приходиться на запасные части к редукторам.

Изготовление специальных и встроенных редукторов должно быть сохранено на существующих машиностроительных заводах.

Производство редукторов по нормальному ряду дает большие экономические выгоды—резкое уменьшение числа моделей корпусов, возможность применения центробежного и кокильного литья червячных бронзовых венцов, резкое сокращение числа потребных червячных фрез, применение более совершенных технологических процессов.

Организация выпуска червячных редукторов на специализированных заводах и цехах позволит ограничиться использованием лишь 10 типоразмеров корпусов. Вся номенклатура потребных червячных фрез выразится лишь 36 фрезами при изготовлении червячных передач с межосевым расстоянием 80—360 мм и передаточными отношениями от 7 до 110. В этом диапазоне передаточное отношение может быть выбрано любым с точностью $\pm 5\%$.

Число типоразмеров заготовок для червячных колес не будет превосходить 16, что позволит применить центробежное литье бронзовых венцов и кокильное

литые колеса малых размеров. При этом мощность редукторов, по сравнению с венцами, отлитыми в песок, возрастает в 2,5—4 раза.

На специализированных заводах наряду с объемной закалкой колес находят применение и поверхностная закалка при нагреве токами высокой частоты и ацетиленово-кислородным пламенем, а также цианирование поверхностей зубьев и цементирование с последующей закалкой.

В технологии изготовления зубчатых пар могут быть использованы достижения, применение которых не оправдывает себя в условиях единичного изготовления колес. Бандажирование колес легированными сталями при диаметрах свыше 500 мм, протяжка отверстий, шпоночных пазов и шлицевых втулок, фрезерование плоскостей корпусов редукторов взамен строгания, черновая нарезка колес на высокопроизводительных специальных станках, сварка больших зубчатых колес, лапингование их на специальной установке, искусственное старение корпусов, статическая и динамическая балансировка колес — все это операции, доступные лишь специализированным заводам.

В области конструктивной применение специальных видов зацепления фланкирование зубьев, специальная выкружка у корня зуба и другие мероприятия также могут осуществляться преимущественно на редукторостроительных заводах.

Наряду с обычными лабораториями редукторостроительные заводы и цехи должны иметь испытательные стенды для приработки и испытания редукторов и масляных систем. Стенды должны быть оборудованы балансирными моторами, тормозами, установками с рекуперацией электроэнергии, централизованной масляной системой с регенерацией его, мерными баками и т. д.

Специальные заводы на основе опыта будут иметь возможность повышать качество выпускаемых редукторов, изыскивать более совершенные технологические приемы, требующие во многих случаях создания специальных станков, улучшать методы контроля изделий и изготавливать специальные зубоизмерительные приборы.

Редукторостроительные заводы должны быть построены по принципу комплексности производственного цикла, т. е. иметь собственную металлургическую базу для обеспечения производства чугуном, стальным и цветным литьем, а также поковками. Заводы должны иметь мощные инструментальные цехи, позволяющие изготавливать все виды зуборезного инструмента и в отдельных случаях измерительной аппаратуры, зуборезных и зубоотделочных станков специального назначения.

Заводы должны быть обеспечены высококвалифицированными кадрами и иметь экспериментальные цехи для изготовления и всесторонних испытаний новых конструкций перед началом их серийного производства.

Специализация производства крепежных деталей в машиностроении

Инж. Ю. В. ШУХОВ

Ведущее место в номенклатуре нормализованных крепежных деталей, необходимых в машиностроении, занимают болты, винты, заклепки и гайки с диаметрами до 20 мм. Большинство отечественных машиностроительных заводов изготавливает крепежные детали самостоятельно, причем во многих случаях это производство находится еще на относительно низком организационно-техническом уровне. Высокопроизводительные технологические процессы холодной высадки тела гаек, головок у болтов и винтов, накатки резьбы на стержнях этих же изделий и т. п. применяются только на немногих заводах. Обычно же болты и винты вытачиваются из прутков на токарных автоматах или revolverных станках, резьбы нарезаются плашками или самооткрывающимися головками и т. д. В результате непроизводительно затрачивается труд, материалы, энергия, нерационально используется оборудование, производственные площади и т. п. Представление об этих потерях дают рис. 1, 2 и 3 и табл. 1, в которой приведена себестоимость изготовления 1 т винтов размерами $\varnothing 5 \times 22$ с полукруглыми головками. Исходные данные для составления таблицы заимствованы из действовавших в феврале—апреле 1947 г. норм нескольких машиностроительных заводов. Для удобства сравнения накладные расходы и стоимость металла во всех случаях взяты одинаковыми.

Высокая себестоимость изготовления винтов на заводах А, Б и В вызвана применением крайне несовершенной технологии. Так, например, на заводе А трудоемкость изготовления винта по действующим нормам равна 7,75 мин., в то время как при той же технологии и правильно рассчитанных технических нормах она должна быть равна только 2,5 — 3,0 мин. На заводе Б трудоемкость равна 2,91 мин., а по техническим нормам она должна составлять 0,5 — 1,0 мин. и т. д.

Упорядочение производства крепежных деталей представляет собой неотложную задачу. Она может быть решена двумя путями. Один из них — улучшение технологии и организации производства крепежных деталей в существующих цехах нормалей машиностроительных заводов. Другой путь — создание в каждой из отраслей машиностроения ряда специализированных баз, которые будут изготавливать крепежные детали в массовом порядке и затем централизованно снабжать ими определенные группы машиностроительных заводов.

Как показывает практика ряда отечественных заводов, специализирующихся на массовом производстве нормализованных крепежных деталей, себестоимость их изготовления будет наименьшей при применении технологии, объединяющей процессы холодной высадки, накатки резьбы и тех или иных доделок резанием (фрезерование шлицов, нарезание гаек и пр.), выполняемых на специальных высокопроизводительных автоматах.

Это объясняется тем, что при применении такой технологии переход от обработки металла резанием к обработке давлением (высадка, накатка), во-первых, дает возможность устранить расход металла в стружку, обычно равный при обработке резанием 30—70% веса заготовки (рис. 2, 3); во-вторых, значительно сокращаются затраты труда, так как холодно-высадочные прессы производительнее металлорежущих станков; в-третьих, сильно уменьшаются цеховые расходы, абсолютные величины которых в этом случае снижаются за счет применения более совершенных форм организации производства, сокращения количества единиц оборудования и площадей, занятых этим производством, и т. д.

Рис. 1. Трудоемкость изготовления одного винта с полукруглой головкой и размерами $\varnothing 5 \times 22$.

1 — на холодно-высадочном прессе-автомате; резьба накатывается; 2 — на одношпиндельном токарном автомате; резьба нарезается раскрывающейся головкой; 3 — на револьверном станке с нарезанием резьбы плашкой

Однако, если стать на путь улучшения технологии и организации производства в существующих цехах нормалей машиностроительных заводов, то применение высокопроизводительной технологии холодной высадки может оказаться экономически нецелесообразным. Это объясняется, во-первых, относительно незначительным количеством (1,5—2,5 млн. шт. в год) и обширной номенклатурой крепежных деталей, применяемых большинством машиностроительных заводов, и, во-вторых, узкой специализацией холодно-высадочного и сопутствующего ему доделочного оборудования, благодаря чему для выпуска названных количеств, при применении технологии холодной высадки, приходится устанавливать оборудование в несколько раз большее, чем это необходимо при применении технологии обработки резанием.

Вот почему наиболее рациональным и приемлемым надо считать второе решение, т. е. решение о создании в каждой отрасли машиностроения специализированных производств для изготовления крепежных деталей в массовом порядке и централизованном снабжении ими заводов-потребителей. При таком решении концентрация производства крепежных деталей для нескольких заводов дает возможность почти при той же номенклатуре значительно увеличить объем его производства, благодаря чему применение технологии холодной высадки становится экономически рентабельным. При этом наибольший экономический эффект и наименьшая себестоимость достигаются в том случае, когда база обладает по меньшей мере одним полным комплектом оборудования для обработки всех требуемых типов и размеров крепежных деталей и когда это оборудование работает с максимальной нагрузкой.

Вот почему наиболее рациональным и приемлемым надо считать второе решение, т. е. решение о создании в каждой отрасли машиностроения специализированных производств для изготовления крепежных деталей в массовом порядке и централизованном снабжении ими заводов-потребителей.

При таком решении концентрация производства крепежных деталей для нескольких заводов дает возможность почти при той же номенклатуре значительно увеличить объем его производства, благодаря чему применение технологии холодной высадки становится экономически рентабельным. При этом наибольший экономический эффект и наименьшая себестоимость достигаются в том случае, когда база обладает по меньшей мере одним полным комплектом оборудования для обработки всех требуемых типов и размеров крепежных деталей и когда это оборудование работает с максимальной нагрузкой.

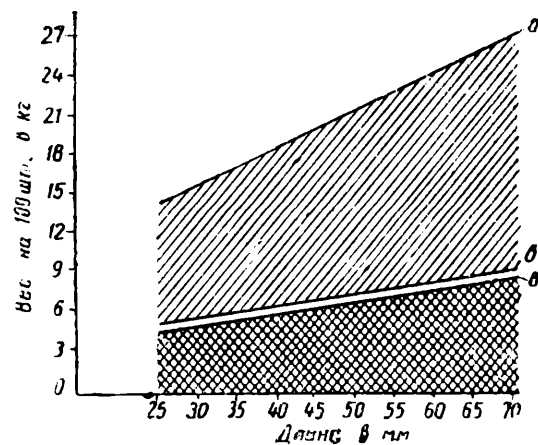
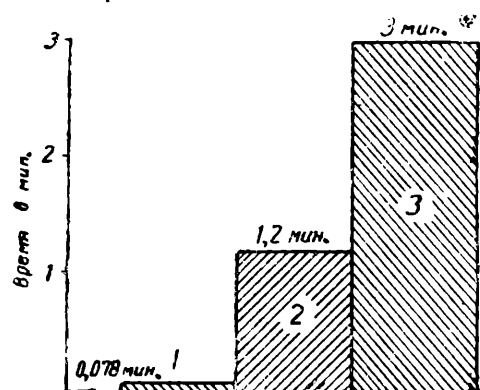


Рис. 2. Расход металла при изготовлении болтов диам. 12 мм разных длин резанием и холодной высадкой.

а — вес черной при обработке резанием; б — вес черной при обработке высадкой; в — вес чистый

Минимальный комплект оборудования для такой базы при изготовлении болтов, винтов, заклепок и гаек диаметром до 20 мм должен состоять из 6 высадочных прессов и 15 — 18 единиц доделочного оборудования. При работе в 2 смены с такого комплекта можно снимать 110 — 140 млн. шт. крепежных деталей в год и он может заменять несколько сот металлорежущих станков.

Организация в той или иной отрасли машиностроения специализированного производства крепежных деталей должна начинаться с выявления общей потребности в них всех заводов. Эта потребность по типам и размерам может быть определена точным подсчетом количеств по спецификациям всех изделий, выпускаемых заводами, или укрупненными подсчетами. Первый из этих методов чрезвычайно трудоемок, поэтому предпочтителен второй, достаточно точный и требующий значительно меньшей работы¹.

После определения потребности из номенклатуры крепежных деталей должны быть отобраны те типы и размеры, которые могут быть приняты к централизованному изготовлению на специализированной базе. Для этого все детали разбиваются на нормализованные и специальные. Последние в свою очередь делятся на две категории. В первую входят детали, которые могут быть изготовлены из нормализованных путем слесарной или механической доделки; во вторую — детали, которые не могут быть произведены указанным способом и должны изготавливаться отдельно. Детали первой категории (пример их дан на рис. 4 и 5) учитываются совместно с соответствующими нормализованными. Специальные детали второй категории в число изготавливаемых в централизованном порядке не включаются. Затем нормализованные детали и специальные детали первой категории, по типам и размерам (диаметр и длина), заносятся в классификационные таблицы. В этих таблицах по каждой детали выводится годовая потребность в количественном и процентном выражении к общему количеству годовой потребности по

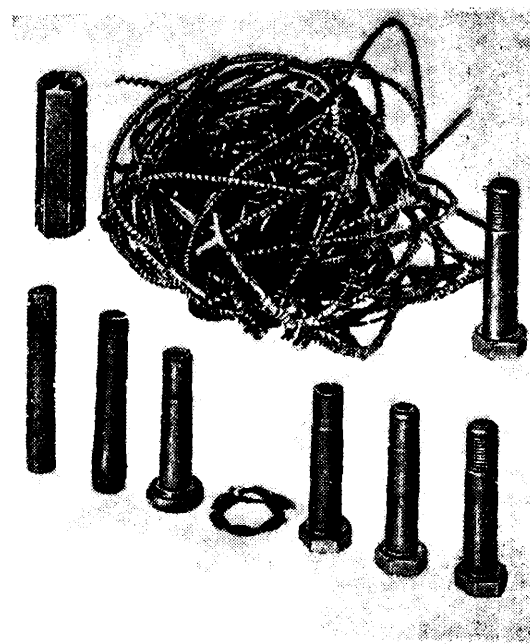


Рис. 3. Отход металла в стружку при изготовлении одного болта обточкой на токарном автомате и на высадочном прессе

¹ Методика укрупненного подсчета в связи с недостатком места не приводится.

Таблица 1

Заводы	Характеристика технологии	Себестоимость изготовления 1 т винтов, тыс. руб.
А	Обработка на револьверном станке с нарезанием резьбы плашкой и фрезерованием шлицов на горизонтально-фрезерном станке	217
Б	Обработка на одношпиндельном токарном автомате с нарезанием резьбы плашкой и фрезерованием шлицов на горизонтально-фрезерном станке . .	80
В	То же	70
Г	Изготовление головки холодной высадкой, резьбы накаткой и фрезерование шлицов на специальном автомате	5

всей номенклатуре. Потребность в процентах указывает на степень применяемости деталей каждой позиции и таким образом служит основным критерием при решении вопроса о включении той или иной детали в номенклатуру деталей, подлежащих изготовлению в централизованном порядке.

Далее решается вопрос о сталях для крепежных деталей. Количество этих сталей должно быть максимально сокращено. В отдельных случаях можно ограничиться сталью только трех марок: одной — для деталей, подвергаемых в дальнейшем цементации и калке, второй — для деталей, требующих только калки, и третьей — легированной — для деталей, которые должны иметь повышенную прочность.

Вся номенклатура крепежных деталей, принятых к централизованному изготовлению, сводится в единый альбом и утверждается как обязательная для применения на всех заводах данной отрасли.

Установив потребность и типоразмерную характеристику крепежных деталей, подлежащих централизованному изготовлению, определяют количество и территориальное размещение специализированных баз.

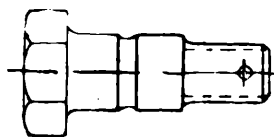


Рис. 4. Специальный болт, изготовленный доделкой из заготовки нормализованного болта с шестигранной головкой

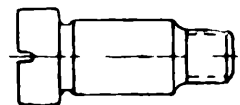


Рис. 5. Специальный винт, изготовленный доделкой из заготовки нормализованного винта с цилиндрической головкой

Специализированное производство крепежных деталей в любой отрасли машиностроения может быть организовано на специально построенном для этого заводе или в нескольких укрупненных цехах существующих заводов отрасли, если объем производства этих цехов достаточен для экономически целесообразного применения технологии холодной высадки. Второй из этих вариантов более приемлем, так как в этом случае, при почти той же себестоимости изготовления, что и в первом варианте, поставленная задача решается с наименьшими капитальными затратами в наиболее короткие сроки.

При втором варианте заводы данной отрасли делятся на несколько территориальных групп и в каждой из них создается единый специализированный цех. Деление заводов на группы производится так, чтобы общая потребность в крепежных деталях каждой группы была достаточной для экономически выгодного применения технологии холодной высадки. Территориальное расположение базы внутри группы определяется с учетом местонахождения завода, поставляющего металл и удобства доставки крепежа потребителям.

Объем производства базы берется равным общей потребности в крепежных деталях всех заводов обслуживаемой группы, с некоторым запасом, в котором учитывается рост производства, расход крепежных деталей, служащих запасными частями на собственные нужды заводов, и т. д.

При проектировании процесса высадки следует обратить особое внимание на выбор оборудования. Для деталей, высаживаемых из сталей с содержанием до 0,25% С, т. е. для сталей, не требующих отжига после высадки перед обесечкой и редуцированием, следует, как правило, применять станки типа „болтмекер“. Эти станки выполняют процессы высадки, редуцирования стержня, обесечки головки на шестигранник, доделок резанием и накатки резьбы. Для деталей, высаживаемых из сталей с большим содержанием углерода и требующих обязательного отжига после высадки, „болтмекеры“ неприменимы, так как процесс изготовления деталей должен прерываться для их отжига. В этом случае для каждой операции необходимо отдельные станки (высадочный пресс, пресс для обрезки головок и редуцирования стержня, накатной станок и т. д.).

Все выбранные прессы и станки, так же как и вспомогательное оборудование, должны быть автоматами. Цех должен состоять из отделений: заготовительного, термического, холодной высадки, доделки специальных крепежных деталей, поверхностных покрытий и упаковки. Величины обрабатываемых партий деталей следует рассчитывать так, чтобы не приходилось производить переналадку чаще, чем один раз в смену. Рабочие места должны быть тщательно организованы, инструмент — доставляться непосредственно на рабочие места, внутрицеховой транспорт — механизирован.

Крепежные детали, изготовленные в централизованном порядке, могут распределяться и доставляться потребителям через местные снабженческие конторы Главснаба той отрасли, в которой создается специализированное производство.

Снижение себестоимости крепежных деталей, достигаемое при переходе от расцентрованного его производства на металлорежущих автоматах к концентрированному производству холодной высадкой, указано в табл. 2.

Таблица 2

Тип и наименование деталей	Размер по ГОСТ	Средняя себестоимость изготовления 1 т в рублях		Снижение себестоимости в тыс. руб., около
		при рассредоточении производств (металлорежущие автоматы)	при концентрации производств (холодно-высадочн. прессы)	
Болты с шестигранной головкой	M14×45	20 996	643	20
Винты с полукруглой головкой	M5×22	26 879	3 026	23
Заклепки с полукруглой головкой	Ø12×40	3 553	565	3
Гайки	M10	9 258	1 158	8

В этой таблице для удобства сопоставления накладные расходы во всех случаях приняты равными 250%, работа расценена по 3-му разряду, стоимость металла взята по справочнику 1940 г.

Рассматривая вопросы снижения себестоимости крепежных деталей при переходе на специализированное производство, необходимо учесть дополнительные расходы, связанные с перевозкой деталей к потребителям и хранением их на промежуточных складах.

По данным Министерства путей сообщения стоимость перевозки 1 т деталей на 100 км равна 80 руб. (с учетом перегрузок и хранения на ж.-д. складах в пределах установленных сроков); хранение на складах системы главснабов и перевозка деталей с завода на станцию отправления и со станции прибытия к потребителям обычно обходится примерно в 6% от стоимости. Таким образом расходы по хранению и транспортировке относительно невелики и во много раз меньше экономии, получаемой от снижения себестоимости.

Ориентировочные расчеты показывают, что переход от децентрализованного производства разных болтов, винтов, заклепок и гаек диам. до 20 мм резанием, к специализированному производству тех же деталей холодной высадкой при годовом выпуске их равном 100 млн. шт. может дать экономию в несколько десятков миллионов рублей в год.

Все выше изложенное бесспорно доказывает целесообразность отказа от рассредоточенного производства крепежа на отдельных заводах и перехода к его централизованному специализированному производству.

✓ Применение ультразвуковой дефектоскопии в машиностроении

Проф. Л. С. ФРЕЙМАН

(Обзор)

Ультразвуковая дефектоскопия, далее сокращенно обозначаемая УАД, относится к методам неразрушающего испытания материалов. По простоте и дешевизне она уступает порошковой магнитной дефектоскопии, а по тонкости анализа — рентгеновскому просвечиванию. Однако, обладая определенными достоинствами, которых не имеют другие неразрушающие методы, она заняла среди них подобающее место и за последние годы быстро завоевывает популярность в самых разнообразных областях машиностроения.

УАД возникла в СССР. В 1929 г. проф. С. Я. Соколов опубликовал сообщение об опытах по прозвучиванию здоровых и дефектных металлических цилиндров [1]. Там же высказано предположение, что новый способ испытания деталей может наряду с рентгеновским служить для производственного контроля. Долгое время УАД развивалась только в СССР [2, 3]. Лишь незадолго до войны в зарубежных журналах стали появляться статьи, преимущественно повторявшие идеи советской УАД [4]. Во время войны публиковались сообщения об оригинальных решениях проблемы УАД, хотя в общей форме эти решения уже ранее были указаны С. Я. Соколовым [2]. Интенсификация производственных процессов и повышение требований к изделиям во время войны усилили интерес к новому методу испытания, в связи с чем увеличилось число статей, освещающих опыт заводов по применению УАД.

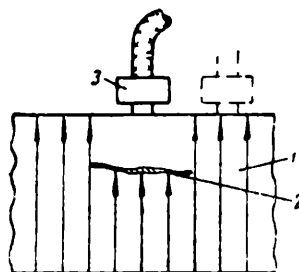


Рис. 1. Схема сквозного зондирования.

1 — материал изделия; 2 — включение; 3 — приемник упругих колебаний

Используемые в СССР методы УАД были, хотя и недостаточно подробно, описаны в наших журналах [2, 5, 6 и др.]; о заграничном же опыте их практического использования в советской печати никаких данных не появлялось. Настоящий обзор отчасти заполнит этот пробел.

Физические основы метода. Основная идея отечественной УАД хорошо известна советскому читателю [2, 3, 5, 6, 7]; она заключается в применении акустической тени. На рис. 1 показано, как в некотором однородном материале изделия 1, имеющего включение 2, распространяется плоский фронт упругих колебаний. На границе, разделяющей материал и включение, волна частично отражается. Если акустические свойства материала и включения сильно отличаются, то отражение может быть значительным и даже практически полным; при этом позади включения образуется акустическая тень. Приемник упругих колебаний 3, перемещаемый по поверхности изделия, обнаруживает тень, а следовательно, существование включения в толще металла.

Из теоретической оптики известно, что вследствие дифракции края изображения оказываются размытыми и притом в тем большей степени, чем длина волны света будет ближе к поперечным размерам объекта. В акустике наблюдается то же явление. Поэтому, чтобы получить отчетливую картину неоднородности в среде, необходимо, чтобы длина волны упругого колебания была по крайней мере не меньше поперечного размера неоднородности листа. Известное соотношение

$$c = \lambda f, \quad (1)$$

где c — скорость распространения упругих колебаний ($c = 4 \div 5 \cdot 10^3$ м/сек); λ — длина волны; f — частота колебаний, позволяет судить о том, какие частоты могут оказаться необходимыми.

Если считать, что λ будет примерно равна наименьшим размерам интересующего нас дефекта, то по формуле (1) нетрудно вычислить f . Приведем несколько характерных чисел, относящихся к стали:

Длина волны, λ (размеры дефекта, мм)	10	5	1	0,5
Число колебаний в секунду, f	$0,5 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$5,0 \cdot 10^6$	$10,0 \cdot 10^6$

Более подробные сведения можно почерпнуть из специальных статей [8].

Чтобы возбудить в изделии упругие колебания столь высокой частоты, надо решить физические задачи: во-первых, создать самые колебания, а во-вторых, бес-

печить проникновение их в толщу металла. Как решаются эти задачи и какая аппаратура для этого применяется, неоднократно описывалось в советских журналах [5 и др.], поэтому на них можно остановиться лишь вкратце. Электрические колебания высокой частоты создаются радиогенератором. Быстропеременная разность потенциалов подается на обкладки пьезокварца; последний, как известно, обладает способностью электрострикции, т. е. свойством изменять свое механическое состояние под действием приложенного электрического поля. Таким образом кварцевая пластинка совершает механические колебания с требуемой частотой. Простой механический контакт оказывается недостаточным для передачи изделию колебательной энергии кварца. Этот важнейший факт ультразвуковой дефектоскопии будет понятен из следующей формулы:

$$\frac{w_r}{w_i} = \left(\frac{\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \right)^2, \quad (2)$$

где w_i — энергия, приложенная к границе раздела двух сред;
 ρ и c — плотность и скорость звука в двух средах;
 w_r — отраженная энергия.

Когда $\frac{w_r}{w_i} = 0$, то это значит, что вся энергия целиком проходит сквозь границу раздела, т. е. для колебаний данной природы границы в этом случае вообще и не существует; при $\frac{w_r}{w_i} = 1$ вся энергия отражается, и по другую сторону границы никаких колебаний нет. Следовательно, для хорошей отдачи кварца требуется, чтобы разность $\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2$ была возможно меньшей. Опыт показывает, что как бы хорошо ни была шлифована обкладка кварца к поверхности изделия, она имеет с изделием сравнительно небольшое число точек соприкосновения и практически между ними находится прослойка воздуха. Таким образом упругая волна должна пройти границу между кварцем и воздухом, а затем между воздухом и сталью. Известно, что скорость звука в черном металле равна примерно 5000 м/сек в воздухе при обычной температуре 340 м/сек. Умножив эти величины на плотности и подставив в формулу (2), получаем $\frac{w_r}{w_i} = 0,996$, т. е. почти полное отражение. Хотя жидкость, у которой $\rho_c = 1500$, намного отличается от металла, для которого $\rho_c = 40\,000$, тем не менее отношение $\frac{w_r}{w_i}$ у них неизмеримо выгоднее, чем между воздухом и металлом. Поэтому в настоящее время между кварцем-излучателем и изделием обычно вводится промежуточная жидкая прослойка. Ряд весьма интерес-

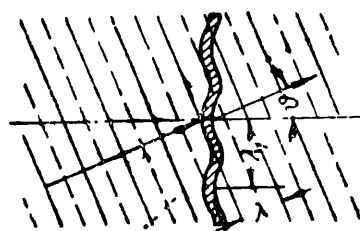


Рис. 2. Колебания пластины при косом падении плоской волны. λ — длина волны в окружающей среде; λ_1 — длина волны колебания изгиба в пластине. Отраженные волны в левой части рисунка не показаны, чтобы не усложнять рисунок

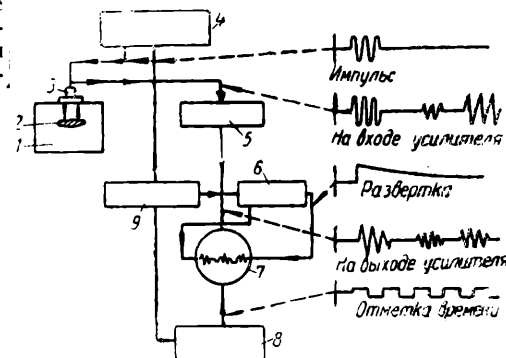


Рис. 3. Схема УАД по принципу эхолота. 1 — изделие; 2 — включение; 3 — патрон с кварцем; 4 — генератор импульса; 5 — усилитель; 6 — развертка; 7 — катодный осциллограф; 8 — отметчик; 9 — синхронизатор

ных вопросов, связанных с изучением описанного затруднения, освещался неоднократно в советской литературе [2, 3, 5, 6, 7].

Для обнаружения в изделии упругих колебаний были предложены пьезоэлектрические и оптические устройства. Для промышлененных испытаний используется только пьезоэлектрический метод, на котором и остановимся. Применяемый при этом прибор представляет собой такое же изделие из пьезоэлектрического кварца, как и излучатель, только физические процессы протекают в нем в обратном порядке: упругие колебания испытуемого предмета передаются промежуточной жидкости, а оттуда переходят в обкладку кварца или непосредственно в кварц, создавая в нем переменные механические напряжения. В результате последних на гранях кварцевой

пластинки выделяются заряды; образующаяся разность потенциалов передается усилителю высокой частоты, откуда поступает на указатель неоднородностей, представляющий собой стрелочный прибор или самопишущее устройство.

Переходим к системе УАД, разработанной специально для испытания тонколистовых материалов [9].

Пусть на пластину (рис. 2), погруженную в какую-нибудь среду, например воду, падает под углом ϑ плоская волна упругих колебаний. В пластине возникнут колебания двоякого рода: во-первых, она будет колебаться по направлению, перпендикулярному ее плоскости, как твердое тело, во-вторых, в ней будут происходить колебания изгиба. Как легко видеть из рис. 2, длина волны изгиба λ_1 находится в простой зависимости от длины волны в той среде, из которой идут колебания, а именно:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{\sin \vartheta}. \quad (3)$$

Из формул (1) и (3) получаем скорость распространения волны изгиба в пластине:

$$c_1 = \frac{c}{\sin \vartheta}. \quad (4)$$

Формула (4) показывает, что эта скорость совершенно не зависит ни от толщины, ни от материала самой пластины. С другой стороны, пластина имеет свою скорость распространения свободных колебаний, теснейшим образом связанную с ее свойствами,

$$c_B = \sqrt[4]{\frac{EI}{(1 - \sigma^2)m}} \cdot \sqrt{\omega}, \quad (5)$$

где E — модуль Юнга материала пластины;
 I — ее момент инерции на единицу длины;
 σ — коэффициент Пуассона;
 m — масса единицы площади пластины;
 ω — угловая частота колебаний.

Соотношение между двумя рассмотренными скоростями примерно такое же, как между частотой вынужденных колебаний и частотой свободных колебаний в простой колебательной системе, т. е. в то время как частота свободных колебаний зависит только от свойств самой системы, частота вынужденных колебаний навязывается системе возбуждающим агентом. Известно, что колебания простой системы становятся максимальными в случае совпадения обеих частот, что и составляет сущность явления резонанса. При описанных выше колебаниях пластины также возможен резонанс, если обе скорости окажутся равными:

$$c_B = \frac{c}{\sin \vartheta}. \quad (6)$$

Когда создаются условия, удовлетворяющие уравнению (6), колебания пластины будут наибольшими, а следовательно, и количество энергии, переданное пластиной среде, расположенной за ней, окажется тоже наибольшим (теоретически примерно будут передаваться все 100% энергии). Из формулы (6) следует, что для каждой пластины, помещенной в данную среду, существует такое значение угла ϑ , при котором передача энергии будет наилучшей. Более точные теоретические исследования дают для каждой совокупности пластина-среда не один критический угол, а дискретный ряд углов [9].

Как известно, интенсивность колебаний системы в условиях резонанса очень чувствительна к помехам. Незначительные неоднородности в материале пластины резко уменьшают колебания, передача энергии среде, находящейся по другую сторону пластины, прекращается; а приемник, расположенный за пластиной, отмечает при этом присутствие неоднородностей в пластине.

Наиболее популярна в промышленности схема, составленная по принципу эхолота (рис. 3). На одну грань подлежащего контролю изделия накладывается патрон с кварцем-излучателем. Последний соединен с генератором импульсов и с усилителем. В схему входят также катодный осциллограф с разверткой и отметчиком и синхронизатор. Управляющим устройством является синхронизатор. Под его воздействием генератор импульсов посылает в кварц импульс длительностью около 1 микросекунды; одновременно синхронизатор действует на развертку. Зайчик на экране катодного осциллографа с правого конца горизонтального диаметра экрана почти мгновенно перебегает на левый конец и затем с постоянной примерно скоростью возвращается обратно. Таким образом по сигналу синхронизатора одновременно начинаются два процесса: пробег упругого импульса в толще изделия и пробег зайчика по экрану слева направо. Если в изделии будет иметься неоднородность, упругая волна отразится от нее и вернется к кварцу. К этому моменту кварц после посылки импульса приходит в первоначальное состояние покоя и может выполнять

функции приемника. Под действием пришедшей отраженной волны кварц посылает электрический импульс в усилитель, который после усиления передает импульс на вертикальные пластины катодного осциллографа. Изменение потенциала на вертикальных пластинах смещает зайчик в вертикальном направлении, что и будет свидетельствовать о наличии отраженной волны. Очевидно, что зайчик успеет пройти тем большую часть пути вдоль горизонтального диаметра экрана катодного осциллографа, чем позднее вернется к кварцу отраженная волна, т. е. чем глубже будет расположена в изделии неоднородность. Следовательно, расстояние вертикального зайчика от начала его горизонтального пути может служить для измерения, на какой глубине находится неоднородность. Для удобства отсчета этого расстояния служит отметчик. Он смещает несколько горизонтальную линию пробега попеременно вверх и вниз, так что отсчет времени пробега, а значит и глубины залегания, значительно упрощается. Синхронизатор подает команду 60 раз в секунду. При устойчивой работе схемы картина, повторяющаяся 60 раз в секунду, создает впечатление неподвижного изображения и позволяет легко производить визуальные наблюдения или фотографирование.

В литературе, помимо только что описанной схемы, основанной на принципе эхолота [8], описаны и некоторые ее изменения [10, 11, 12]. Главнейшее из них — разделение функций кварца-излучателя и кварца-приемника (рис. 4). Осциллограмма, полученная таким прибором, изображена на рис. 5.

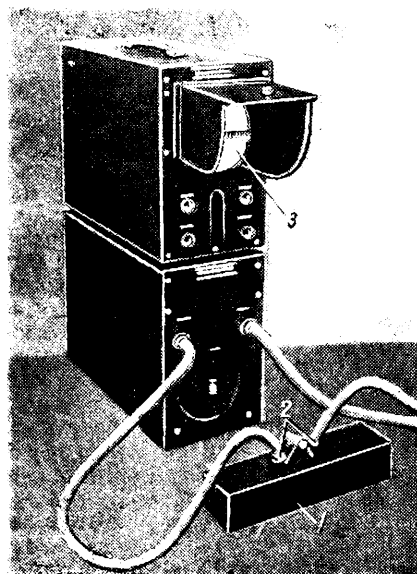


Рис. 4. Прибор, действующий по принципу эхолота.

1 — испытуемое изделие; 2 — излучающий и приемный кварцы (изменяя расстояние между кварцами, можно зондировать изделие на разную глубину); 3 — экран катодного осциллографа

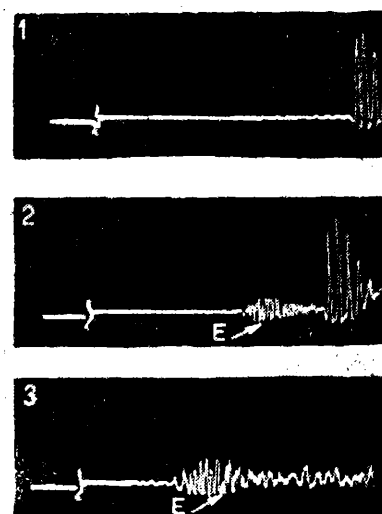


Рис. 5. Осциллограммы, полученные посредством прибора, действующего на принципе эхолота; группа волн справа — отражение от задней грани.

1 — испытание здорового изделия; 2 — испытание изделия с включением (буквой E показано отражение от включения); 3 — отражение от включения смазало отражение от задней грани

Области применения. За исключением схемы изгибного резонанса все схемы УАД могут применяться для определения разнообразных дефектов в самых различных деталях [13]. Выше уже указывалось, что величина поперечных размеров обнаруживаемого дефекта зависит от длины волны, — чем она короче, тем меньшего размера дефект может быть обнаружен. Наоборот, в направлении хода луча достаточно самой тонкой инородной прослойки, чтобы луч отразился, обнаружив тем самым дефект. Поэтому разные авторы сходятся во мнениях относительно чрезвычайной чувствительности УАД при определении продольных размеров дефектов [14]. Установлено, что дефекты толщиной в несколько микрон обнаруживаются вполне уверенно, но имеются указания на случаи, когда обнаруженные дефекты были в несколько раз меньшей толщины. О чувствительности измерений посредством УАД, основанной на принципе эхолота, можно судить по такому примеру: дефект диам. 4 мм и толщиной 0,05 мм был обнаружен на глубине 1200 мм [15]. Описано успешное обнаружение волосовин, внутренних трещин, сегрегаций, усадочных раковин, неоднородности в листах, пористости, пустот, шлаковых включений, усталостных трещин, дисформаций и т. д. [13].

Для успешности УАД очень важно состояние поверхности изделия, особенно когда кварцевые излучатель и приемник приходят в непосредственное соприкосновение с изделием. Действительно, чем больше неровностей на поверхности и чем выше их гребни, тем меньшую пользу приносит пленка промежуточной среды. Поэтому в тех случаях, когда изделие не погружается в ванну с промежуточной жидкостью, требуется предварительная обработка поверхности, особенно после литья, поковки и т. п. Практика применения УАД на производстве показывает, что контакт с помощью промежуточной жидкой пленки дает хорошие результаты при опиловке поверхности, после станочной обработки, шлифовки и т. д. [5, 15].

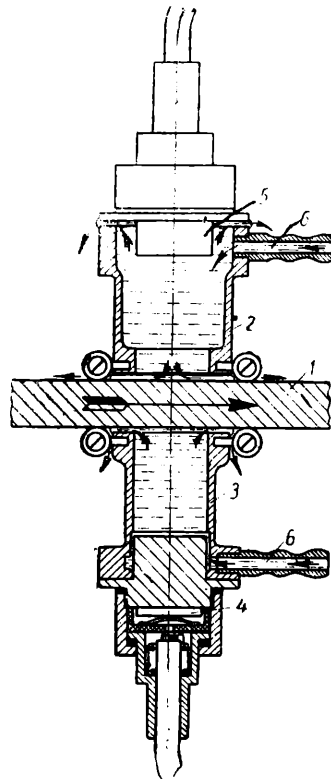


Рис. 6. Прибор для непрерывного испытания ленты.
1 — лента; 2 и 3 — стаканы для кварца; 4 — кварц-излучатель; 5 — кварц-приемник; 6 — трубки для подачи воды

в глубине которых помещаются кварцевые излучатель и приемник. Между стаканами и лентой имеются зазоры в 0,5—1,0 мм. В стаканы по трубкам непрерывно подается вода, вытекающая затем под некоторым давлением через упомянутые зазоры. Таким образом обе кварцевые пластинки и контролируемый участок ленты находятся в ванне с промежуточной жидкостью. Устройство очень компактно, надежно работает и дает неплохие результаты. К его достоинствам относится также и то, что благодаря присутствию промежуточной жидкости требования к качеству поверхности снижаются до минимума, что является необходимым условием непрерывного контроля. Подобный «полусухой способ» намного раньше применялся в СССР, что должно быть известно читателям «Вестника машиностроения» [5].

Металлургические вопросы, связанные с УАД. Практика показывает, что УАД дает возможность контролировать почти все материалы, применяемые в машиностроении [14]. Успешными были испытания: стального литья, стальных поковок, чугуна, алюминия, меди, латуни, различных видов бронзы, пластмасс и т. д. Не все материалы в равной мере поддаются исследованию посредством УАД. В начале обзора указывалось, что неоднородности, размеры которых малы по сравнению с длиной волны упругих колебаний, не препятствуют прохождению волн. Следовательно, если величина зерен близка к длине волны, то применение УАД делается невозможным, так как беспорядочное рассеяние волн, отражаемых от границ зерен, маскирует отражение от включения. Поэтому УАД может быть успешной только при исследовании мелкозернистых образцов. Установлено, что лучшие результаты получаются при испытаниях стали и алюминия, худшие — цинка и свинца [12].

Особенно интересно применение УАД при испытании заготовок для крупных деталей и самих деталей. Испытывались: заготовки $375 \times 375 \times 425$ и $400 \times 400 \times 1350$ мм; цилиндрические заготовки диам. до 450 мм, плиты и слябы, блюмы до 3 м, листы толщиной от долей миллиметра до 10—15 мм и размером до 4×6 м [12].

Из деталей, испытанных посредством УАД, представляют интерес сварные швы [13], железнодорожные бандажы, кованые оси длиной 425 мм и диам. 130 мм, с фланцем диам. 400 мм, особенно же тяжелые валы, например вал диам. 450 мм, испытывавшийся на глубину 4,5 м с торца, или вал — на 6 м также с торца. Имеется уже успешный опыт контроля методом УАД непосредственно при выполнении технологических процессов: при прокатке алюминия [5, 16], или обработке осей [17]. В цехе проката алюминия установка УАД была расположена перед прокатным станом: через нее проходили все заготовки, поступающие в стан. До введения УАД проверка производилась по «способу ломтей»; при этом с обоих торцов заготовки срезались ломти и рассматривалась поверхность среза. Если на ней не было дефектов, заготовка шла в производство, в противном случае она проходила дополнительный контроль. Не говоря о том, что качество контроля посредством УАД чрезвычайно повысилось, так как проверялась вся толща заготовки, — оказалось, что новый метод в 6 раз производительнее и в столько же раз дешевле.

Заслуживает внимания устройство, позволяющее осуществлять контроль в процессе непрерывного проката. Трудность в данном случае состоит в том, что в условиях непрерывного проката поместить изделие в ванну, очевидно, невозможно, пропускание его через ванну с сальниками громоздко и ненадежно (хотя были попытки конструктивно разработать такой способ), работать же с масляной пленкой при непосредственном контакте кварца нельзя, так как пленка будет разрушаться движущейся лентой. Удачный выход [18] был найден при применении конструкции, показанной на рис. 6. По обеим сторонам контролируемой ленты расположены стаканы,

Пористость металла и дисперсные включения оказывают такое же действие, что и крупное зерно,—они сильно уменьшают возможную глубину проникновения. Некоторые технологические факторы также отражаются на работе УАД. Например, вдоль прокатанного металла упругие колебания распространяются значительно лучше, чем поперек, как и в направлении глубокой вытяжки.

Чувствительность УАД к факторам, препятствующим обнаружению дефектов, например, к величине зерна, даст, с другой стороны, возможность воспользоваться методом УАД для изучения этих факторов. Так, при испытании здорового образца, имеющего мелкозернистую структуру, прибором, построенным по схеме рис. 3, на экране получается четкое отражение от противоположной границы образца (рис. 5). Если же постепенно изменять длину волны так, чтобы величина ее приблизилась к среднему размеру зерна, то из-за беспорядочного рассеяния отражение размоется. Таким образом можно, повидимому, использовать УАД при изучении роста зерна, не нарушая режима, примененного к образцу, и не повреждая его. Имеются указания на возможность определения свободного графита. Успешные опыты по наблюдению за схватыванием и затвердеванием бетона позволяют надеяться на то, что возможным окажется наблюдение за застыванием жидкого металла на разной глубине и в разных точках формы. Это откроет большие научные перспективы.

Применение УАД позволяет провести еще одно наблюдение, бывшее до сих пор невозможным [13]. Несколько больших одинаковых заготовок подверглись различной термической обработке. Одни из них были поставлены в условия быстрого и неравномерного охлаждения, другие остывали при более мягком режиме. Образцы подробно исследовались с помощью УАД, причем оказалось, что возможно наблюдать за образованием внутренних трещин. Расположение кварцевых пластинок на разных гранях заготовок позволяло находить координаты трещины, а использование принципа эхолота — глубину ее залегания. Таким образом получено средство для контроля термического режима, пригодное и для эмпирического подбора удовлетворительного технологического режима и для научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sokolov S. Ia., Zur Frage der Forpflanzung ultraakustischen Schwingungen in verschiedener Körpern, „E. N. T.“, 1929, Bd. 6, № 11.
2. Соколов С. Я., Ультраакустические колебания и их применение, „Заводская лаборатория“ № 5, 1935.
3. Шрайбер Д. С., Определение пороков в металлических изделиях ультразвуковым методом, „Заводская лаборатория“ № 8, 1939.
4. Kruse F., Zur Werkstückprüfung mittels Ultraschalls, „Akustische Zeitschrift“, 1939, Bd. 4.
5. Нессельштраус Г. З., Ультраакустическая дефектоскопия металлов и ее применение, „Вестник машиностроения“ № 4 — 5, 1943.
6. Шрайбер Д. С., Исследование металлов помощью ультразвука, „Заводская лаборатория“ № 9, 1940.
7. Шрайбер Д. С., Некоторые вопросы ультразвуковой дефектоскопии, „Заводская лаборатория“ № 11 — 12, 1945.
8. De Lano R., Supersonic flaw detector, „Electronics“, 1946, vol. 19, № 1.
9. Götz J., Über d. Schalldurchgang durch Metallplatten in Flüssigkeiten bei schrägem Einfall einer ebenen Welle, „Akustische Zeitschrift“, 1943, Bd. 8, № 5.
10. Rankin A., The supersonic flaw detector, „Sheet metal Industry“, 1946, vol. 23, № 229.
11. Simons E. N., The supersonic flaw detector, „Metal Progress“, 1945, IX, vol. 48.
12. Sproule D. O., Detection of deep flaws in metals by supersonic waves, „Mechanist“, 1945, XII.
13. Nickolson H. A., Rotterdam L., Inspecting metals with supersonics, „Steel“, 1947, II, vol. 120.
14. Hypersonic analyser betters testing technique, „Iron Age“, 1945, XII, № 24.
15. Stanford E. A., Taylor H. W., The supersonic method for the detection of internal flaws, „Metallurgia“, 1946, vol. 34, № 200.
16. Supersonic inspection, „Metal Industry“, 1947, IV, vol. 70.
17. Smack J. C., Inspecting forged axles at le Tourneau plant by means of supersonic waves, „Automotive and Aviation Industry“, 1945, IX, vol. 93.
18. Trost A., Nachweis Werkstofftrennungen in Blechen mit Ultraschall, „VDI“, 1943, № 23 u. „Sheet metal Industry“, 1944, II, vol. 19.
19. Supersonic inspection, „Steel“, 1945, XII, vol. 117.

Константин Федорович ГРАЧЕВ

Недавно скончался доктор технических наук, профессор Константин Федорович Грачев, член Организационного бюро Всесоюзного научного инженерно-технического общества работников кузнечно-штамповочного производства.

Константин Федорович Грачев родился в 1880 г. в Москве, в крестьянской семье. В детстве он остался круглым сиротой. Несмотря на тяжелое материальное положение, все же окончил Московское Коммерческое училище, а затем продолжал образование на химическом отделении Московского Высшего технического училища, которое он окончил в 1904 г. по специальности „железо, чугун и сталь“ (руководимой тогда проф. А. М. Бочваром).

В том же году началась плодотворная инженерная и научная деятельность Константина Федоровича, непрерывно продолжавшаяся в течение 43 лет до последнего дня его жизни. По окончании МВТУ Константин Федорович работает на Брянском машиностроительном заводе в Бежице в качестве начальника лаборатории. Здесь за короткое время он зарекомендовал себя талантливым, образованным и вдумчивым инженером. В связи с удачным разрешением ряда проблем термической обработки стали, Константин Федорович уже в 1909 г. был назначен помощником начальника сталелитейного цеха, а в 1912 г. стал его начальником. Под руководством Константина Федоровича и по его чертежам в этом цехе были перестроены все печи, в результате чего производительность цеха поднялась более чем вдвое, а выход годного литья резко увеличился. В цехе Константином Федоровичем было налажено также производство электростали, в том числе и различных специальных сортов ее: быстрорежущей, магнитной, для бронебойных снарядов.

Великая Октябрьская революция застала Константина Федоровича уже главным металлургом Брянского завода. Без всяких колебаний он сейчас же все свои силы отдал делу развития социалистической промышленности.



Масштаб работы Константина Федоровича стал расширяться: в 1919—1923 гг. он работает в ВСНХ и УСНХ, налаживая производство на Луганском паровозостроительном и патронном, на Макеевском, Мариупольском, Дебальцевском и других заводах. Он проектирует мартеновские, трубопрокатные, прокатные, закалочные и ряд других печей, руководит их постройкой и лично слает на ходу в производство.

В 1923 г. по заданию Главного Управления Военной промышленности Константин Федорович организует комиссию по высокосортным сталям, налаживает

спецпроизводство на Пермском, Пензенском, Обуховском и других заводах. В том же 1923 г. Константин Федорович начинает научно-педагогическую деятельность, которая с 1926 г. становится его основной работой. Однако он не отрывается от производства. Особенно значительную помощь ему Константин Федорович оказывал в годы Великой Отечественной войны.

В 1926 г. Константин Федорович получает звание профессора, в 1939 г. ему присуждается степень доктора технических наук, а за удачное разрешение проблем улучшения качества металла для ж.-д. транспорта он удостоивается высокой правительственной награды — ордена „Знак почета“.

В лице Константина Федоровича советская промышленность потеряла крупнейшего ученого, педагога и инженера-практика. Будучи металлургом по образованию, пройдя многолетнюю производственную школу в этой отрасли, Константин Федорович в то же время был большим специалистом и в области металловедения и в области кузнечно-штамповочного производства. Своими обширными знаниями и эрудицией Константин Федорович завоевал себе огромный авторитет. Можно с уверенностью сказать, что в настоящее время нет специалиста по ковке и штамповке, который не являлся бы в той или иной мере его учеником.

Все труды Константина Федоровича представляют собой оригинальные работы. Его книги „Металловедение“ и „Ковочное

Рецензия

БЕГУН С. В. *Механизация газовой резки* (из заводской практики), Машгиз, 1946, 85 стр., 45 рис., т. 10000, ц. 4 руб.

Газовая резка металлов широко применяется во всех отраслях промышленности и в дальнейшем должна получить еще большее распространение, особенно в массовом и крупносерийном производстве. Однако в литературе по автогенной обработке металлов этому вопросу уделяется мало внимания. Между тем за последние годы техника резки металлов значительно усовершенствовалась, появились новые конструкции газорезущей аппаратуры, появились новые возможности замены дорогостоящих горючих более дешевыми и недефицитными, тяжелый ручной труд уступает место механизированным способам резки. Все это делает обмен опытом по указанным вопросам весьма желательным.

Книга С. В. Бегун — первая попытка обобщить опыт применения в большом масштабе газовой резки металлов на заводах Урала в годы Великой Отечественной войны. В своей книге автор уделяет основное внимание применению механизированных способов газовой резки, что особенно ценно с точки зрения их дальнейшего развития и понижения стоимости работ.

Книга состоит из пяти разделов. В первом разделе автор дает общие сведения о газовой резке металлов. В нем кратко освещен вопрос о подогревающем пламени резака и его особенностях, о влиянии чистоты кислорода на скорость, качество резки и т. д., о значении предварительного подогрева стали перед резкой и корабле-

нии в ее процессе. Автор отводит мало места теоретическим обоснованиям явлений, происходящих при резке, и останавливается главным образом на технологических особенностях процесса резки, рекомендуя простые приемы для устранения встречающихся в практике затруднений.

Второй раздел книги в основном касается существующих типов оборудования для механизированной газовой резки. Материал этого раздела ничего нового и оригинального собой не представляет. В общих чертах и весьма кратко описываются существующие типы газорезущих автоматов и полуавтоматов отечественного производства, а также некоторых зарубежных марок. В описании схем автоматов автор допускает ряд неточностей. Одноименные детали называются по-разному, характеристики машин не всегда совпадают здесь же приведенными данными из каталогов. Так например, на стр. 26 автор указывает, что газорезущий автомат фирмы Мессер позволяет производить рез площадью 1000×2500 мм, а на стр. 27 из характеристики автоматов фирмы Мессер следует, что в зависимости от типа автомата длина реза может составлять от 1500 до 4000 мм, ширина от 500 до 2600 мм. Рисунки оборудования для автоматической газовой резки выполнены небрежно.

Наиболее ценный материал содержится в третьем и четвертом разделах книги, посвященных механизации процессов газовой резки и применению ее для различных работ. На основании большого опыта уральских заводов тяжелого машиностро-

производство" выдержали по три издания. Последняя явилась первой серьезной книгой на русском языке по этой специальности.

Не менее ценен специальный курс „Металловедение“, изданный Военной Академией им. Сталина.

Перед войной Константин Федорович начал разработку оригинального курса „Технология металлов“, несколько глав которого изданы Военной Академией им. Сталина. Смерть помешала Константину Федоровичу закончить эту огромную работу.

Энтузиаст и пропагандист своего дела, Константин Федорович принимал живейшее участие в общественной жизни. Он был одним из основателей Всесоюзного научного общества работников кузнечно-штамповочного производства и бессменным членом его президиума. Как активный

участник почти всех собраний членов Общества Константин Федорович деятельно помогал в проведении Обществом многих научных работ, консультаций и экспертиз; часто выступал с различными научно-техническими докладами и сообщениями.

Исключительно скромный Константин Федорович всегда был готов оказать помощь в работе тем, кто в ней нуждался, поделиться своими обширными познаниями. В то же время Константин Федорович был весьма строг, когда дело касалось научной критики, беспощадно вскрывал ошибки и требовал действительного научного подхода к решению инженерных вопросов.

Ученики, товарищи по работе и вся инженерно-техническая общественность всегда будут вспоминать Константина Федоровича с глубоким уважением и признательностью.

Оргбюро ВНИТОКШ

нии автор помещает материалы о внедрении механизированных способов резки на автоматах с наборными копиями, о применении пакетной резки, резки с одновременным использованием нескольких резаков и др. При этом автор не ограничивается описанием сущности применяемого метода, но приводит также цифровые данные об увеличении производительности оборудования, о понижении стоимости работ, о замене ручного труда механизированным и т. д. На конкретных примерах автор показывает преимущества отдельных механизированных способов резки перед ручным.

Значительный интерес представляют материалы по организации работ и внедрению газовой резки болванок больших сечений, прибылей и литников, по применению двухпламенных резаков, газорежущей аппаратуры, работающей на жидком горючем, а также с различными мерами удешевления газорежущей аппаратуры и повышения надежности ее работы.

Последний раздел книги содержит инструкции по работе с резаками на жидком горючем, по обслуживанию и уходу за резаками УР и резаками, работающими на газойле, а также по приемке резаков из

ремонта. В приложении сообщается о неполадках при работе резаков и указываются методы их устранения.

Существенный недостаток книги заключается в том, что вопросу механизации газовой резки посвящена лишь небольшая часть этой книги. Остальной материал касается вопросов ручной резки, техники безопасности и т. д. К недочетам следует отнести и то, что автор описывает преимущественно устаревшее оборудование для машинной резки. Следовало привести хотя бы краткое описание применяемых машин новейшей конструкции.

Несмотря на недочеты, книга будет ценной как для производителей, так и для учащихся техникумов и вузов, поскольку в ней даны проверенные на практике примеры использования в большом масштабе газовой резки, особенно механизированной. Ознакомление с книгой поможет повысить производительность газорежущей аппаратуры, расширить область использования заменителей ацетилена, конструировать более совершенную высокопроизводительную и экономичную газорежущую аппаратуру.

Канд. техн. наук В. И. Строкопытов

Новые издания Машгиза

Брюханов Г. М., Производственные методы изготовления профильных шаблонов М.—Л., Машгиз, 1947, 47 стр. с черт., т. 300, ц. 3 р. 50 к.

В книге излагаются применяемые автором методы изготовления профильных шаблонов. Приведены приспособления, предложенные автором, примеры изготовления типовых шаблонов, а также данные для подсчета вспомогательных размеров. Особое внимание уделено механической отделке профиля шаблонов — шлифовке. Книга рассчитана на слесарей-лекальщиков инструментальных цехов.

Копытов В. Ф., канд. техн. наук, Безокислительный нагрев стали (ЦНИИТМАШ, книга 7), М., Машгиз, 1947, 144 стр. с черт., т. 300, ц. 13 руб. в пер.

Дано подробное описание результатов работы, проведенной автором в печной лаборатории ЦНИИТМАШ по исследованию явлений, происходящих при окислении и обезуглероживании сталей в печах. Описаны конструкции установок для получения защитных газов и приведены справочные данные по выбору защитных атмосфер.

Книга предназначена для работников научно-исследовательских институтов, заводских лабораторий и инженеров литейщиков.

Лайнер В. И., д-р техн. наук, проф., Электролитическая полировка и травление металлов. М. Машгиз, 1947, 243 стр. с черт., т. 8000, ц. 21 руб. в пер.

В книге освещаются новейшие методы электролитической обработки поверхности металлов — электрополировка и электро-травление. Наряду с теорией автор рас-

сматривает конкретные возможности широкого применения электрополировки в производстве, подкрепляя свои выводы обширными экспериментальными и расчетными материалами.

Книга предназначена для инженеров-производственников и работников научно-исследовательских институтов.

Литейное производство (Министерство станкостроения СССР, ВНИИ—Центр. лаборатория Уралмашзавода), Свердловск, Машгиз, 1947, 53 стр. с черт., т. 3000, ц. 5 руб.

В книге освещается опыт Центральной лаборатории Уралмашзавода по отливке чугуновых изложниц в кокиль, излагается метод борьбы с потерями и браком силуминового литья и описывается процесс изготовления втулок из цветных сплавов, а также выплавки алюминиевых сплавов в пламенных печах конструкции Уралмашзавода.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников машиностроительной промышленности.

Малов А. Н., канд. техн. наук, Автоматическая загрузка металлорежущих станков, М., Машгиз, 1947, 284 стр. с черт., т. 5000, ц. 23 руб. в пер.

Рассматриваются наиболее характерные конструкции загрузочных устройств станков и прессов для штучных заготовок полос и лент. Автором широко использованы материалы ряда заводов советской промышленности, а также опыт иностранных заводов.

Книга рассчитана на заводских инженерно-технических работников и студентов старших курсов машиностроительных вузов.

Маслов Е. Н., Зуборезное дело, М.—Л., Машгиз, 1947, 371 стр. с черт., т. 15 000, ц. 25 руб.

Настоящая книга является 3-м дополненным изданием техминимума зубореза того же автора. В ней освещаются все вопросы, относящиеся к зуборезному делу. Книга может служить учебником для зуборезов, желающих в совершенстве освоить сложную технику зубонарезания, и будет полезной студентам машиностроительных техникумов при изучении зуборезных станков и методов работы на них.

Металлургическое оборудование, Каталог-справочник, т. III (Министерство Тяжелого машиностроения СССР, техн. отдел), М., Машгиз, 1947, 299 стр. с черт., т. 4000, ц. 65 руб. в пер.

Настоящий III том каталога-справочника включает 76 фигур по прокатному оборудованию (8 планов расположения станков, 14 рабочих линий и 60 типоразмеров машин) и 35 наименований адьюстажного оборудования (36 типоразмеров).

Предназначен для инженерно-технических работников, занятых проектированием, строительством, монтажом и эксплуатацией металлургических заводов, конструкторов и технологов машиностроителей, а также студентов втузов и техникумов.

Слепак А. В., Кинематические схемы металлорежущих станков, М., Машгиз, 1947, 31 стр. с табл., т. 10 000, ц. 8 руб.

Альбом кинематических схем металлорежущих станков представляет собой уменьшенную репродукцию комплекта плакатов, составленных по материалам учебника автора „Металлорежущие станки“ для техникумов.

Альбом предназначен для использования его в качестве наглядного учебного пособия при слушании лекций по курсу „Металлорежущие станки“.

Чудakov Е. А., акад., Расчет автомобиля, допущ. Министерством высшего образования СССР в качестве учебного пособия для автомобильных втузов, М., Машгиз, 1947, 486 стр. с черт., т. 10 000, ц. 31 р. 60 к. в пер.

В книге изложены наиболее точные и современные методы расчета механизмов шасси автомобиля и дана методика проектирования автомобиля. Являясь учебным пособием для студентов автомобильных втузов и автомеханических факультетов, книга может служить также пособием для инженерно-технических работников автомобильной промышленности.

Вспомогательное котлотурбинное оборудование, вып. 1, под ред. лауреата Сталинской премии, канд. техн. наук Л. А. Шубенко (ЦКТИ, книга 6), М.—Л., Машгиз, 1947, 56 стр. с черт., т. 3000, ц. 3 р. 50 к.

Книга содержит работы по вспомогательному оборудованию теплосиловых установок: 1) А. Н. Ложкин и П. И. Старостин, Расчет пароструйных компрессоров, их применение на ТЭЦ и эксплуатация; 2) С. П. Лившиц, Уплотняющие устройства сальникового типа.

Предназначена для инженерно-технических работников в области теплотехники.

Кириллов И. И. и Кантор С. А., Теория и конструкция паровых турбин, М.—Л., Машгиз, 1947, 306 стр. с черт., т. 4000, ц. 77 руб. в пер.

В книге даны основные сведения по тепловым и механическим расчетам паровых турбин и освещены современные принципы их конструирования. Изложение предмета базируется преимущественно на опыте отечественного турбостроения, занимающего в настоящее время передовое место. В книге уделено внимание важнейшим данным по эксплуатации турбин.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занятых построением и эксплуатацией турбин, а также для студентов втузов.

Котельные агрегаты, вып. 1, под ред. лауреата Сталинской премии, канд. техн. наук Л. А. Шубенко (ЦКТИ, книга 3), М.—Л., Машгиз, 1947, 104 стр. с черт., т. 3000, ц. 7 р. 50 к.

Книга содержит материалы по котельным установкам: 1) А. Э. Гельтман, Критерии наивыгоднейшего использования поверхностей нагрева в котельных агрегатах; 2) В. А. Щербаков, Котельные агрегаты для электростанций малой и средней мощности; 3) Н. С. Рассудов и П. О. Сирый, Пять лет эксплуатации транспортабельного котла ТК-3-13 системы ЦКТИ.

Предназначена для инженерно-технических работников в области теплотехники.

Кудрявцев А. П., д-р техн. наук, Проектирование, постройка и испытание гидравлических турбопередач, М.—Л., Машгиз, 1947, 239 стр. с черт., т. 3000, ц. 19 р. 50 к. в пер.

Книга является оригинальной работой, в которой рассматриваются разработанные автором основы проектирования лопастной системы гидравлических турбопередач, приводится анализ качества системы по средней струе, способ корректирования лопастей отдельных колес и построение поверхности лопастей по методу автора. Описаны условия и методы испытания турбопередач, сопоставлены их характеристики с характеристиками двигателей и тормозов.

Книга рассчитана на читателей, знакомых с теорией работы лопастей колес, и может служить пособием при проектировании и испытании турбопередач.

Термодинамические циклы, вып. 1, под ред. лауреата Сталинской премии, канд. техн. наук Л. А. Шубенко (ЦКТИ, книга 1), М.—Л., Машгиз, 1947, 43 стр. с илл. и черт., т. 3000, ц. 3 руб.

В книге помещены статьи по вопросам исследования новых энергетических циклов: 1) А. А. Канаев, Характеристика ртутноводных бинарных установок; 2) А. М. Каплан, Паровоздушный цикл на электростанциях.

Рассчитана на инженерно-технических работников в области теплотехники.

Обзор иностранных журналов¹

КОНСТРУИРОВАНИЕ

Общие вопросы конструирования

Timoshenko S., Stress concentration and fatigue failures, „Engineer“, 1947, 9/V, vol. 183, № 4763; 16 V, № 4764.

Концентрация напряжений и изломы усталости. Экспериментальное определение влияния напряжений на конструирование деталей машин. Анализ условий концентрации напряжений.

The polariscope. A David Brown instrument for experimental stress analysis, „Automobile Engineer“, 1947, VI, № 489.

Полярископ — прибор для экспериментального определения и анализа напряжений в деталях машин. Описание прибора и принципа его работы.

Korn A. H., Basic equations for fluid motion and pressure drop in pipes, „Product Engineering“, 1947, V, vol. XVIII, № 5.

Основные уравнения для определения движения и давления жидкости в трубопроводах. Вывод основных уравнений.

Газовые турбины

Lysholm A. J. R., A contribution to the solution of gas turbine problem, „Engineer“, 1947, 21 III, vol. 183, № 4756; 28 III, vol. 183, № 4757.

Испытание газовых турбин для самолетов. Описание судовой турбины мощностью 2400 л. с. при температуре газов на лопатках около 540°.

Aircraft gas turbine engines, „Automotive and Aviation Industries“, 1947, 15/III, vol. 96, № 6.

Спецификация и характеристика американских и английских авиационных газовых турбин.

Двигатели внутреннего сгорания

Inghaw E., Gas and Oil engine output, „Power and Works Engineering“, 1947, V, vol. 42, № 491.

Мощность газовых и нефтяных двигателей. Определение эффективной мощности по индикаторной диаграмме. Причины ошибок в индикаторной диаграмме.

1947 statistical issue, „Automotive and Aviation Industries“, 1947, 15/III, vol. 96, № 6.

Спецификации и характеристики английских и американских авиационных двигателей, бензиновых двигателей, дизелей и других двигателей тяжелого топлива, выпускаемых в 1947 г. Статистические данные о выпуске тракторов.

Heldt P. M., Balance condition in five cylinder in line engines, „Automotive and

Aviation Industries“, 1947, 15/1, vol. 96, № 2.

Условия уравнивания пятицилиндровых рядных двигателей. Графический метод определения сил инерции.

Poole A. J., Electronic ignition system in experimental stage, „Automotive and Aviation Industries“, 1947, 1/II, vol. 96, № 3.

Описание системы электронного зажигания, разработанной в конце войны фирмой Бош для авиационных двигателей. Преимущества, недостатки системы и пути ее дальнейшего усовершенствования.

Heldt P. M., Latest developments in engine bearings, „Automotive and Aviation Industries“, 1947, 1/III, vol. 96, № 5; 1/IV, vol. 96, № 7.

Последние достижения в области производства подшипников для двигателей. Типы подшипников и применяемые для них материалы. Производство, контроль и методы испытания подшипников для авиационных двигателей.

Witham W. A., New type marine reduction gear, „Motorship“, N. Y., 1947, IV, vol. 32, № 4.

Новый тип судовой планетарно-конической редукторной передачи. Описание конструкции и ее преимуществ по сравнению с обычной редукторной передачей.

A proprietary air starting system, „Oil Engine“, 1947, VI, vol. XV, № 170.

Пневматическая система пуска многоцилиндровых двигателей мощностью до 500 л. с. Описание системы и ее преимуществ.

Dotchin J., Recent development in oil engine lubrication, „Mechanical World“, 1947, 7/II, vol. 121, № 3136.

Последние усовершенствования смазки дизелей. Классификация присадок и определение их влияния на свойства смазок. Противокислители и очистители масел.

Corrygan B., Oil purification, filtration and reclamation, „Marine Engineering“, 1947, II, vol. 52, № 2.

Очистка, фильтрация и регенерация масел для дизелей и паровых турбин. Обработка масел гравитационным методом и центрифугированием.

New GM hydraulic reverse gear, „Automotive and Aviation Industries“, 1947, 1/V, vol. 96, № 9.

Новая гидравлическая реверсивная передача ГМ для дизелей подводных лодок. Описание конструкции передачи и ее основных элементов.

ТЕХНОЛОГИЯ

Литейное производство

Patton W. G., How the Ford rouge foundry handles hot metal for continuous pouring, „Iron Age“, 1947, 24/IV, vol. 159, № 17.

Система транспортировки горячего металла для непрерывной разливки на литейном заводе Форда. Подробное описание конвейерной передачи металла от доменной

¹ По материалам Центр. научно-технической библиотеки Министерства транспортного машиностроения; Центр. научно-техн. библиотеки Тяжелого машиностроения и научно-техн. библиотеки Министерства станкостроения.

печи и вагранки через систему миксеров и пламенных печей к изложницам и формам.

Gregg A. W., Mechanized melting methods for foundries, „Iron Age“, 1947, 8 V, vol. 159, № 19.

Механизация процессов плавки в литейных цехах. Усовершенствование методов и оборудования механизированной плавки черных и цветных металлов. Преимущества и недостатки различных типов оборудования.

Chase H., The production of die casting for Ford carburettors, „Machinery“, London, 1947, 28/VIII, vol. 71, № 1818.

Отливка деталей карбюраторов под давлением на заводе Форда. Описание процесса отливки деталей из цинковых сплавов при выпуске 2000 карбюраторов в день.

German production methods. Wartime practice in the manufacture of sheet and plate, „Iron and Steel“, 1947, IV, vol. 29, № 4.

Производство листовой стали и броневых плит в Германии во время войны. Описание процесса центробежной отливки оружейных стволов. Химический состав броневой стали.

Сварка и резка металлов

Turbine wheel and shaft joined in three minutes welding cycle, „Automotive and Aviation Industries“, 1947, 15/II, vol. 96, № 4.

Сварочный аппарат, применяемый при изготовлении турбореактивного двигателя. Описание процесса соединения сваркой турбинного колеса с валом в течение 3 мин.

Bonifield C. D., Welded steel cuts cost 27%, „Product Engineering“, 1947, V, vol. XVIII, № 5.

Применение сварки в производстве крупных изделий. Описание условий применения сварки, обеспечивших снижение себестоимости на 27%.

Термообработка

B. O. C. type G₂ fully automatic flame-hardening machine, „Machinery“, London, 1947, 3/IV, vol. 70, № 1797.

Автоматическая машина для закалки пламенем по методу Шортера. Описание конструкции и принципа работы закалочной машины для поверхностной закалки деталей.

Armour plate. Notes on gas carburizing process carried out at Krupp's, „Iron and Steel“, 1947, VII, vol. 20, № 8.

Газовая цементация броневых плит на заводе Круппа. Описание оборудования термического цеха и всего цикла термообработки плит толщиной от 100 до 400 мм. Металлографический и химический анализ и твердость термообработанных плит.

Обработка резанием

Geschelin J., Latest automatic machine methods holds tolerance to 30 millionth of inch, „Automotive and Aviation Industries“, 1947, 1, III, vol. 96, № 3.

Обработка на автоматах с допуском в 0,00075 мм. Прецизионная обработка при массовом производстве деталей топливной аппаратуры на заводе дизельного оборудования.

New methods in mass producing light weight engines at McCulloch's new California plant, „Automotive and Aviation Industries“, 1947, 15/II, vol. 96, № 4.

Новые методы массового производства легких бензиновых двигателей. Экономичность производства, достигнутая за счет широкого применения литья под давлением и сокращения операций механической обработки.

Producing tractor gears. Methods employed by Standart Motor Co., „Machinery“, London, 1947, 21/VIII, vol. 71, № 1817.

Производство шестерен для тракторов Форджсон. Оборудование механического цеха и технология обработки шестерен различных типов.

Schaeff F. C., Fixtures make disk grinders versatile, „American Machinist“, 1947, 31 VII, vol. 91, № 16.

Применение специальных многопозиционных приспособлений к одно- и двухшпиндельным плоскошлифовальным станкам. Описание приспособлений для шлифовки различных деталей в массовом производстве.

Ricker C., Research makes milling cutters behave, „American Machinist“, 1947, 31/VII, vol. 91, № 16.

Исследования в области фрезерования. Краткое описание условий рационального применения скоростного фрезерования.

Nylen J., Piston pins centerless-lapped to tenths, „American Machinist“, 1947, 31/VII, vol. 91, № 16.

Бесцентровая шлифовка и лапнигование поршневых пальцев. Описание технологического процесса и режимов работы шести шлифовальных и трех лапниговальных станков, обеспечивающих выпуск 1700 — 2000 пальцев в час.

Hydraulic control for heavy engine lathe „Product Engineering“, 1947, V, vol. XVIII, № 15.

Гидравлическое управление металлорежущими станками. Описание устройств, принципа их работы и схемы гидравлического управления.

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Stokes A. J., Dew S. B., Micro-hardness testing. A study of the W 63 high duty piston alloy, „Automobile Engineer“, 1947, V, vol. 37, № 488.

Испытание на микротвердость. Описание прибора Цейсса для определения микротвердости и методики его использования. Результаты исследования микротвердости высокопрочного поршневого сплава W 63.

Burns G., Creep and some creep-resisting alloys, „Metallurgia“, 1947, VI, № 212.

Крип и некоторые крипоустойчивые сплавы. Характеристика некоторых крипоустойчивых сплавов, применяемых при конструировании машин.

Schaffer R. A., Precision plating of wearing alloys, „Iron Age“, 1947, 10/IV, vol. 159, № 15.

Прецизионная металлизация подшипниковых цапфов. Описание технологического процесса прецизионной металлизации и преимуществ данного метода.

Pigott E. C., Cast iron and steel, „Iron and Steel“, 1947, II, vol. 20, № 2; III, № 3; IV, № 4.

Влияние химического состава на свойства чугуна и стали. Результаты исследования влияния алюминия, бора, углерода, хрома и других элементов.

Williams J. A., A new Zinc-base finish for steel parts, „Materials and Methods“, 1947, III, vol. 25, № 3.

Новое покрытие на цинковой основе для стальных деталей взамен дефицитного олова. Описание нового метода покрытия, дающего износостойчивый слой, аналогичный хромовому покрытию.

КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Van Brunt G. A., Supersonic equipment available for finding flaws, „Factory Management and Maintenance“, 1947, V, vol. 105, № 5.

Ультразвуковое оборудование для обнаружения дефектов. Описание принципа действия акустического дефектоскопа и применения его для обнаружения дефектов в крупных поковках и отливках.

Basic characteristics of useful industrial laboratory instruments, „Iron Age“, 1947, 1/V, vol. 159, № 18.

Характеристика приборов, широко применяемых в производственных лабораториях. Описание устройства и принципа действия калориметра, спектрометра, электронного микроскопа и других приборов.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

Engine assembly. The system and layout employed by the Austin Motor Co, „Automobile Engineer“, 1947, III, vol. 37, № 486.

Реорганизация моторного завода после войны. Новая планировка цехов и организация производства. Описание системы транспортировки деталей.

Составил А. М. Каратыгин

Указатель статей, напечатанных в журнале „Вестник машиностроения“ за 1947 г.

ВОПРОСЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

а) Теория машин и механизмов, кинематические расчеты

Артоболевский С. И., проф., Методы расчета кинематических схем сложных технологических машин (машин-автоматов), с 10 рис., № 6, 1947, стр. 1—13.

Артоболевский И. И., акад., Успехи советской школы ученых в развитии проблем кинематики механизмов, № 11, 1947, стр. 27—31.

Беккер И. Э. и Петрусеви́ч А. И., инж.-ры, Влияние различных добавок к маслам на трение и износ, с 14 рис. и 2 табл., № 5, 1947, стр. 28—38.

Дикер Я. И., канд. техн. наук, Глобондные передачи, с 25 рис. и 1 табл., № 3, 1947, стр. 10—22.

Дикер Я. И., канд. техн. наук, Расшифровка зубчатых зацеплений, с 16 рис. и 8 табл., № 8, 1947, стр. 15—34.

Добровольский В. В., заслуж. деят. науки и техники, член корр. АН СССР, К вопросу о пассивных связях, № 10, 1947, стр. 1—7.

Егоров С. С., канд. техн. наук, Коэффициент полезного действия судовых зубчатых передач, с 1 рис., № 3, 1947, стр. 24—25.

Зак П. С., канд. техн. наук, Глобондная передача, с 23 рис., № 5, 1947, стр. 1—13.

Конвисаров Д. В., канд. техн. наук, Синтез кривошипно-шатунного механиз-

ма по заданному ходу ползуна, с 5 рис., № 8, 1947, стр. 8—15.

Костицын В. Т., д-р техн. наук, О наименьших размерах кулачковых механизмов, с 9 рис., № 9, 1947, стр. 1—7.

Кудрявцев В. Н., канд. техн. наук, Графоаналитический способ расчета эвольвентных зацеплений, с 9 рис., № 12, 1947, стр. 10—23.

Куликов Н. К., инж., Теория роликовых механизмов свободного хода, с 6 рис., № 2, 1947, стр. 13—17.

Никитин А. А., канд. техн. наук, доц., Выбор типа дифференциального механизма, с 3 рис. и 7 табл., № 6, 1947, стр. 14—29.

Савков В. С., канд. техн. наук, Метод определения передаточного числа планетарного редуктора, с 3 рис., № 3, 1947, стр. 22—24.

Слепак А. В., инж., Гипоидные цилиндрико-конические передачи, с 4 рис., № 1, 1947, стр. 17—20.

б) Расчеты на прочность

Коваленко А. Д., канд. техн. наук, доц., Изгиб дисков прямолинейного профиля, с 7 рис., № 3, 1947, стр. 1—10.

Кудрявцев И. В., канд. техн. наук, и Новиков В. Н., инж., Исследование прочности поверхностно-закаленной стали при циклических нагрузках, с 17 рис. и 3 табл., № 7, 1947, стр. 1—12.

Одинг И. А., член корр. АН СССР, Развитие в СССР учения о прочности металлов, № 11, 1947, стр. 32—38.

Регирер З. Л., инж., Повышение усталостной прочности деталей дробеструйной обработкой, с 12 рис. и 4 табл., № 10, 1947, стр. 7—15.

Саверин М. М., канд. техн. наук, Влияние обдувки дробью на повышение усталостной прочности деталей, с 12 рис., № 7, 1947, стр. 47—52.

Ужик Г. В., канд. техн. наук, Испытания на выносливость и оценка прочности металлов в машиностроении, с 12 рис., № 2, 1947, стр. 1—12.

Хейфец С. Г., канд. техн. наук, Качество поверхности и усталостная прочность, с 5 рис. и 4 табл., № 4, 1947, стр. 2—10.

✓ Цехнович Л. И., канд. техн. наук, Исследование оптическим методом напряжений в зубьях, с 16 рис. и 5 табл., № 7, 1947, стр. 12—21.

в) Конструирование деталей и узлов машин

Бидерман В. Л., канд. техн. наук и Бояршинов С. В., инж., Расчет пружинного тормоза, с 15 рис., № 1, 1947, стр. 4—12.

Грозин Б. Д., член корр. АН УССР и Костецкий Б. И., канд. техн. наук, Износ в зубчатых передачах, с 60 рис., № 12, 1947, стр. 23—38.

Гутьяр Е. М., канд. техн. наук, проф., Расчет призматической шпонки, с 6 рис., № 6, 1947, стр. 29—33.

Житков Д. Г., канд. техн. наук, Некрасов Н. Н., инж. и Поспехов И. Т., инж., К вопросу о браковке изношенных стальных канатов, с 4 рис. и 3 табл., № 7, 1947, стр. 25—30.

Малкин Л. А., канд. техн. наук, Как создать высоко-экономичную простую планетарную передачу?, с 8 рис., № 1, 1947, стр. 13—17.

Петрусевич А. И., инж., К вопросу о расчете прямозубых колес по наибольшему контактному напряжению, № 6, 1947, стр. 41—42.

Пономарев С. Д., д-р техн. наук, проф., Современные методы расчета витых пружин, с 5 рис. и 1 табл., № 5, 1947, стр. 13—28.

Розенберг Ю. А., инж., Исследование многодисковых фрикционных муфт, с 5 рис., № 12, 1947, стр. 38—45.

Роскошный Г. К., канд. техн. наук, О рациональных конструктивных формах гаек, с 7 рис., № 7, 1947, стр. 21—25.

Сакович А. И., канд. техн. наук, Расчет рабочих поверхностей зубьев колес по наибольшему удельному давлению, с 8 рис. и 1 табл., № 6, 1947, стр. 34—40.

Штерн Л. Т., инж., Применение сварных конструкций при изготовлении основных деталей токарных станков, с 11 рис. и 5 табл., № 9, 1947, стр. 18—26.

Шухатович М. Ю., канд. техн. наук, Безредукторный электропривод с дуговым статором, с 4 рис., № 4, 1947, стр. 10—16.

г) Автомобили, тракторы и двигатели внутреннего сгорания

Арманд Е. Б., инж., Автомобиль ГАЗ-51, с 1 рис., № 4, 1947, стр. 27—28.

Гаврилов С. М. и Качанов В. Ф., инж.-ры, Новые конструкции доменного оборудования, с 2 рис., № 7, 1947, стр. 30—32.

Кугель Р. В. и Островцев А. Н., инж.-ры, О весе легковых автомобилей с 5 рис. и 4 табл., № 1, 1947, стр. 17—24.

Тюляев В. Н., канд. техн. наук, Сельскохозяйственный трактор средней мощности, с 5 рис. и 3 табл., № 4, 1947, стр. 29—33.

Черемовский Ю. И., инж., Трактор „Сталинец-80“, с 1 рис., № 2, 1947, стр. 22—23.

Шмыков А. А., лауреат Сталинской премии, канд. техн. наук, доц., Технология термической обработки в послевоенной Сталинской пятилетке, № 6, 1947, стр. 62—71.

д) Энергетическое оборудование

Гаврилов С. М. и Качанов В. Ф., инж.-ры, Турбина ВК-100-2 Ленинградского металлического завода им. Сталина, с 1 рис., № 2, 1947, стр. 20—21.

Гаврилов С. М. и Качанов В. Ф., инж.-ры, Турбина ЛМЗ типа Френсиса мощностью 102 000 л. с., с 1 рис., № 4, 1947, стр. 25—26.

✓ Румянцев В. А., инж., Задачи советского компрессоростроения в послевоенной пятилетке, с 10 рис., № 8, 1947, стр. 1—7.

Шелест А. Н., заслуж. деят. науки и техники, д-р техн. наук, проф., О законе теплостойкости, № 2, 1947, стр. 18—19.

е) Подъемно-транспортное оборудование

Бовин Г. М., инж., Новые эскалаторы для Московского Метрополитена, с 5 рис., № 2, 1947, стр. 23—27.

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

а) Литейное производство

Бугай И. Г. и Новгородский М. М., инж.-ры, Особенности технологии отливки рабочего колеса и статора гидротурбины „Френсиса“ для Днепровской ГЭС, с 12 рис., № 4, 1947, стр. 59—63.

Гельперин Н. Б., канд. техн. наук, доц., Образование горячих трещин в стальных отливках, № 2, 1947, стр. 28—30.

Горбунов С. Ф., инж., Тюбинги для метро без механической обработки, с 1 рис., № 9, 1947, стр. 57—58.

Горный В. Г., инж., Новая десяти-тонная электропечь, с 1 рис., № 4, 1947, стр. 64.

Егоренков И. П., канд. техн. наук, О конструкции литых деталей, № 5, 1947, стр. 63.

Красовицкий В. С., канд. техн. наук, Производство крупных отливок кокильных формах с обмазкой, с 1 табл., № 9, 1947, стр. 47—50.

Левин Л. И., канд. техн. наук, О скорости затвердевания стали в песчаных формах и кокилях, с 9 рис. и 2 табл., № 7, 1947, стр. 52—55.

Левин Л. И., канд. техн. наук, доц., Производство фасонного стального литья в Германии во время второй мировой войны, с 5 рис. и 2 табл., № 9, 1947, стр. 41—47.

Меринков В. И., Ряхин В. Н. и Шестаков А. Ф., инж.-ры, Производство литых кубиков (заготовок) для кузнечных молотов штампов, с 2 рис. и 1 табл., № 10, 1947, стр. 29—31.

Неймарк А. М., инж., Базовая формовочная машина для малых опок, с 2 рис., № 2, 1947, стр. 67—69.

Неймарк А. М., инж., К механизации литейного производства, с 4 рис., № 4, 1947, стр. 65—67.

Неймарк А. М., инж., Новое оборудование для литейных цехов, с 4 рис., № 5, 1947, стр. 64—66.

Неймарк А. М., инж., Пневматическая встряхивающая формовочная машина, с 1 рис., № 10, 1947, стр. 62—63.

Олофинский Н. Ф., канд. техн. наук, Электросепарация горелых земель литейных цехов, с 8 рис., № 12, 1947, стр. 48—57.

Островский Я. И., инж., Новое в технологии литья под давлением, с 8 рис. и 1 табл., № 10, 1947, стр. 43—50.

Паздерский А. А., инж., Кладка ребристых (арочных) сводов дуговых электропечей из стандартного динасового кирпича, № 5, 1947, стр. 62—63.

Петриченко А. М. и Никитин А. М., инж.-ры, Литые стальные колесчатые валы, с 8 рис. и 1 табл., № 2, 1947, стр. 42—46.

Пляцкий В. М., канд. техн. наук и Нейман Я. Я., инж., Новое в литье под давлением, с 9 рис., № 12, 1947, стр. 58—65.

Поплавский И. А., инж., Опыт отливки кузнечных штампов, с 5 рис. и 1 табл., № 8, 1947, стр. 67—70.

Поплавский И. А., инж., Опытные центробежные отливки полового инструмента из инструментальной стали, с 3 рис., № 9, 1947, стр. 39—41.

Прейгерзон Я. И., инж., Модифицирование чугуна как средство для уменьшения брака отливок, с 5 табл., № 4, 1947, стр. 55—58.

Ревис И. А., канд. техн. наук, Квартер И. С., канд. техн. наук, Артемьев В. Ф., инж. и Першин П. С., инж., Трещины в отливках из быстрорежущей стали и методы их устранения, с 3 рис., № 11, 1947, стр. 39—44.

Соколов В. Н., канд. техн. наук, Время нагрева кузнечных заготовок, с 7 рис. и 2 табл., № 12, 1947, стр. 75—78.

Соколовский Л. О., инж., О новом методе быстрой дефосфорации малобесмерковой стали, № 2, 1947, стр. 30—32.

Хайров К. Х., инж., Условия форсированной выплавки кислой электростали, с 4 табл., № 5, 1947, стр. 52—54.

Четверухин С. И., инж., Новое в теории и конструкции литейных сушил, с 7 рис. и 1 табл., № 5, 1947, стр. 39—46.

Шамиргон С. А., доц., Центробежная отливка тракторных гильз в массовом производстве, с 12 рис. и 1 табл., № 5, 1947, стр. 46—52.

Шестопал В. М., канд. техн. наук, Задачи литейного производства в послевоенной Сталинской пятилетке, с 10 рис. и 5 табл., № 10, 1947, стр. 32—43.

Юдин С. Б., инж., Центробежная отливка фасонных деталей, с 16 рис., № 1, 1947, стр. 54—63.

Яхнепко М. М., Вальдман В. Р. и Власова В. А., инж.-ры, Производство крупных отливок из модифицированного чугуна в тяжелом машиностроении, с 10 рис. и 3 табл., № 1, 1947, стр. 63—70.

б) Кузнечно-штамповочное производство

Борц М. Т., инж., Штамповка дизельных колесчатых валов, с 7 рис., № 9, 1947, стр. 54—56.

Глушков В. Н., инж., Применение индукционного нагрева в кузнечных цехах, с 8 рис. и 3 табл., № 4, 1947, стр. 46—54.

Глушков В. Н., инж., Наш опыт, с 3 рис. и 1 табл., № 12, 1947, стр. 66—71.

Зворонко Б. П., канд. техн. наук, Методы расчета заготовок для вытяжки прямоугольных пустотелых изделий, с 5 рис., № 6, 1947, стр. 60—62.

Зобнин Б. Ф. и Добужский Б. Л., инж.-ры, Карусельные печи для нагрева стали под штамповку, с 2 рис., № 9, 1947, стр. 50—53.

Керекеш В. В., инж., Не обеспечено внедрение средне-прогрессивных норм, № 12, 1947, стр. 74.

Морозевич Б. А. и Сорокин А. И., инж.-ры, Простые приспособления для свободнойковки, с 5 рис. и 1 табл., № 2, 1947, стр. 69—72.

Морозевич Б. А. и Сорокин А. И., инж.-ры, Производство штоков паровых штамповочных молотов, с 3 рис. и 3 табл., № 5, 1947, стр. 60—62.

Навроцкий Г. А., канд. техн. наук, Одноударный холодновысадочный автомат diam. 3×25 мм с цельной матрицей марки А110, с 5 рис., № 3, 1947, стр. 73—74.

Навроцкий Г. А., канд. техн. наук, Автомат для обрезки головок болтов, с 4 рис., № 10, 1947, стр. 60—61.

Норицин И. А., канд. техн. наук, Исследование пульсирующей вытяжки листового металла, с 13 рис. и 4 табл., № 6, 1947, стр. 51—59.

Пляцкий В. М., канд. техн. наук, Штамповка деталей из жидкого металла, с 11 рис., № 1, 1947, стр. 43—53.

Романовский В. П., инж., О методе построения системы припусков и допусков для поковок, № 12, 1947, стр. 71—73.

Соколов И. Г., канд. техн. наук, Метод построения допусков и припусков на механическую обработку поковок, с 2 рис. и 4 табл., № 2, 1947, стр. 46—54.

Шофман Л. А., канд. техн. наук, Основные направления развития холодногостампования в новой Сталинской пятилетке, с 16 рис., № 6, 1947, стр. 43—49.

в) Сварочное производство и пайка

Гельман А. С., канд. техн. наук, Новости сварочной техники за рубежом, с 17 рис., № 10, 1947, стр. 51—59.

Глиманенко Д. Л., инж., Пути внедрения автоматической сварки в промышленность, № 10, 1947, стр. 69—71.

Казakov Н. И., инж., Примененное сжатого воздуха в сборочно-сварочных приспособлениях, с 11 рис., № 3, 1947, стр. 68—72.

Лозинский М. Г., лауреат Сталинской премии, Высокочастотная пайка в машиностроении, с 7 рис., № 3, 1947, стр. 57—61.

Момотов Н. Н., инж., Пресс X-250 для биметаллической электросварки без оплавления шва, с 2 рис., № 5, 1947, стр. 66—68.

Шорин П. И., Холодная сварка чугуна комбинированными электродами, с 7 рис., № 5, 1947, стр. 54—56.

г) Термическая и термохимическая обработка

Иванов В. А., инж., Цианирование инструмента пастой, с 1 рис., № 6, 1947, стр. 71—72.

Лагунов И. Н., канд. техн. наук и Башкиров Б. Я., Обработка режущего инструмента при температурах ниже нуля, с 1 рис. и 2 табл., № 8, 1947, стр. 60—63.

Малышев Б. В., инж., Агрегат непрерывного действия для газовой цементации и отжига, с 5 рис., № 5, 1947, стр. 68—70.

Нахимов Д. М., канд. техн. наук, Деформация и трещины в стали при закалке, с 23 рис., № 4, 1947, стр. 31—45.

Несмеянова К. А., инж., Способ химической обработки железных и стальных изделий для удаления ржавчины и окислы, № 5, 1947, стр. 73—74.

Соловейчик И. Е., инж., Закалка токами высокой частоты зубьев трамвайных шестерен, с 11 рис., № 3, 1947, стр. 62—65.

Цейтлин В. З., инж., Пути интенсификации процесса цементации стали в твердом карбюризаторе, с 4 рис. и 2 табл., № 3, 1947, стр. 45—52.

Шмыков А. А., канд. техн. наук, доц., Методы получения контролируемой атмосферы из природного газа, с 3 рис. и 1 табл., № 8, 1947, стр. 53—60.

Юргенсон А. А., инж., Цементация в электрических печах различных типов, с 2 рис. и 1 табл., № 9, 1947, стр. 56—57.

д) Обработка резанием

Белецкий Д. Г., канд. техн. наук, Влияние условий обработки на микрогеометрию поверхности при отделочном точении, с 8 рис. и 8 табл., № 9, 1947, стр. 27—38.

Витензон С. И., канд. техн. наук и Бранцевич В. Р., мл. научный сотрудник, Газовая цементация сжиженными

углеродородными газами, с 2 рис. и 2 табл., № 2, 1947, стр. 38—41.

Егоров С. В., канд. техн. наук, Обработка пластмасс на токарных станках, с 12 рис. и 1 табл., № 10, 1947, стр. 22—26.

Зобнин Н. П., д-р техн. наук, проф., Качество поверхностей прессовых соединений осей, с 1 рис., № 10, 1947, стр. 26—29.

Кленников В. Д., канд. техн. наук, доц., Берингвинг-процесс, с 6 рис. и 1 табл., № 3, 1947, стр. 52—56.

Костецкий Б. И., канд. техн. наук, Термический режим шлифования, с 10 рис. и 1 табл., № 1, 1947, стр. 36—43.

Лигский Ю. Д., инж., Эталоны чистоты обработки поверхностей по ГОСТ 2789—45, с 2 табл., № 4, 1947, стр. 71—73.

Резников Н. И., д-р техн. наук, проф., Вопросы скоростного фрезерования, с 3 рис. и 1 табл., № 11, 1947, стр. 45—53.

Розенберг А. М., д-р техн. наук, проф., Износ режущего инструмента, с 4 рис., № 10, 1947, стр. 16—22.

Тупицын И. Ф., инж., Условия изготовления эталонов чистоты обработки поверхностей торцевым и цилиндрическим фрезерованием, с 3 рис. и 2 табл., № 5, 1947, стр. 57—59.

е) Разные покрытия

Билик И. М., канд. техн. наук, Пористое хромирование деталей двигателей внутреннего сгорания, с 10 рис. и 2 табл., № 2, 1947, стр. 54—61.

Болховитинов Н. Ф., д-р техн. наук, проф., Обработка стальной дробью, с 3 рис. и 1 табл., № 3, 1947, стр. 66—68.

Кудрявцев П. Т., канд. техн. наук и Солнцева И. Г., Электролитическое железнение нержавеющей стали, с 2 табл., № 8, 1947, стр. 61—67.

ж) Металлокерамическая технология

Бальшин М. Ю., канд. техн. наук, Металлокерамика в машиностроении новой пятилетки, с 10 рис. и 3 табл., № 7, 1947, стр. 33—44.

Гардин А. И., инж., Производство металлокерамических фрикционных материалов, с 12 рис. и 1 табл., № 8, 1947, стр. 43—52.

Грабино М. Г. и Филимонов В. Г., инж-ры, Получение железных порошков для металлокерамических деталей, с 11 рис., № 11, 1947, стр. 54—60.

Меськин В. С., д-р техн. наук проф., Шипулин П. П., канд. техн. наук, Вайштейн Г. М., канд. техн. наук и Митрепин Б. П., инж., Плотные железокерамические детали машин, с 6 рис. и 5 табл., № 9, 1947, стр. 7—17.

Федорченко И. М., канд. техн. наук, Филимонов В. Г., инж., и Грабино М. Г., инж., К вопросу о прочности и пластичности металлокерамического железа, с 7 рис. и 3 табл., № 8, 1947, стр. 35—43.

з) Электроискровая обработка

Володин Е. А., канд. техн. наук, Электроискровая обработка матриц вырубных штампов, с 5 рис., № 11, 1947, стр. 61—65.

Лазаренко Б. Р., лауреат Сталинской премии, канд. техн. наук, Электроискровой способ обработки металлов, с 12 рис. и 2 табл., № 1, 1947, стр. 25—36.

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Гуляев А. П., д-р техн. наук, проф., Влияние легирующих элементов на цементуемость железа, с 3 рис. и 2 табл., № 7, 1947, стр. 44—47.

Корнилов И. И., д-р химич. наук и Азовская А. А., Состав и свойства жароупорного высокоомного сплава № 3, с 3 рис. и 1 табл., № 5, 1947, стр. 71—72.

Палий А. М., канд. техн. наук и Фридман Я. Б., д-р техн. наук, проф., Обрабатываемость резанием и микроструктура сплавов, с 25 рис. и 3 табл., № 3, 1947, стр. 26—44.

Селицкий Я. П., канд. техн. наук и Шейн А. С., инж., О стабилизации структуры закаленной подшипниковой стали, с 4 рис. и 2 табл., № 2, 1947, стр. 33—38.

КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Берг П. П., д-р техн. наук, проф., Лясс А. М., канд. техн. наук, Виленинская М. А., асп., Люминесцентный анализ формовочных материалов, с 2 рис. и 7 табл., № 9, 1947, стр. 59—65.

Вихман В. С., канд. техн. наук, Электронный автоматический прибор для многомерного контроля поршней, с 3 рис., № 10, 1947, стр. 66—68.

Житков Д. Г., канд. техн. наук, Пробежные машины для испытания стальных канатов на выносливость, с 1 рис., № 9, 1947, стр. 67—68.

Колесник Н. В., инж., Балансировка машин в своих подшипниках, с 3 рис., № 9, 1947, стр. 70—71.

Саверин М. М., канд. техн. наук, и Яцкевич С. И., канд. техн. наук, Машина для испытания металлов на усталость, с 3 рис., № 9, 1947, стр. 65—67.

Фрейман Л. С., проф., Применение ультразвуковой дефектоскопии в машиностроении, с 6 рис., № 12, 1947, стр. 88—93.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

Максимов И. С., инж., Кооперирование — мощный рычаг машиностроения, № 12, 1947, стр. 79—81.

Ратнер М. Л., канд. техн. наук и Устьянцев А. В., инж., Статистический контроль в производстве нормалей, с 1 рис., № 7, 1947, стр. 64—65.

Тайц Б. А., канд. техн. наук., доц., Специальные заводы по редукторостроению, № 12, 1947, стр. 82—83.

Шульман П. А., инж., Пути сокращения длительности производственного цикла, с 14 рис., № 7, 1947, стр. 57—64.

Шухов Ю. В., инж., Специализация производства крепежных деталей в машиностроении, с 5 рис., № 12, 1947, стр. 83—87.

РАЗНОЕ

Задачи второго года четвертой Сталинской пятилетки, № 1, 1947, стр. 1—3.

Айзенберг Б. И., инж., Автомобильный завод „Оппель“, с 12 рис., № 2, 1947, стр. 62—67.

Гордон В. О., проф. и Трахтенберг Г. Х., инж., Новые стандарты на чертежи в машиностроении, с 12 рис. и 1 табл., № 7, 1947, стр. 68—72.

Капаев А. А., канд. техн. наук, Атомные силовые установки США, с 5 рис. и 1 табл., № 4, 1947, стр. 20—24.

Клейнзингер И. Л., инж., и Парчевский С. П., Упрощенный светокопировальный агрегат для скоростного печатания чертежей, с 2 рис., № 10, 1947, стр. 63—65.

Конюшая Ю. П., инж., Техническую книгу — на службу новой Сталинской пятилетке, № 1, 1947, стр. 71—74.

Рубцов Н. Н., лауреат Сталинской премии, д-р техн. наук, проф., Московские литейщики XIV—XVII вв., с 4 рис., № 11, 1947, стр. 69—72.

Сатель Э. А., заслуж. деят. науки и техники, проф., д-р, К истории развития московского машиностроения, № 11, 1947, стр. 66—69.

Хренов К. К., действ. член АН УССР, Николай Гаврилович Славянов (1854—1897), с 5 рис., № 12, 1947, стр. 1—9.

Шухгальтер Л. Я., На величественном и славном пути, № 11, 1947, стр. 1—26.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

КОНСТРУИРОВАНИЕ

	Стр.
<i>Кудрявцев И. В.</i> , канд. техн. наук и <i>Новиков В. Н.</i> , инж. — Исследование прочности поверхностно-закаленной стали при циклических нагрузках	1
<i>Цехнович Л. И.</i> , канд. техн. наук — Исследование оптическим методом напряжений в зубьях	12
<i>Роскошный Г. К.</i> , канд. техн. наук, доц. — О рациональных конструктивных формах гаек	21

Из опыта эксплуатации машин

<i>Житков Д. Г.</i> , канд. техн. наук, <i>Некрасов Н. Н.</i> , инж., <i>Поспехов И. Т.</i> , инж. — К вопросу о браковке изношенных стальных канатов	25
---	----

Новые машины

Новые конструкции доменного оборудования — инж-ры <i>Гаврилов С. М.</i> и <i>Качанов В. Ф.</i>	30
--	----

ТЕХНОЛОГИЯ

<i>Балышин М. Ю.</i> , канд. техн. наук — Металлокерамика в машиностроении новой пятилетки	33
<i>Гуляев А. П.</i> , д-р техн. наук, проф. — Влияние легирующих элементов на цементуемость железа	44
<i>Саверин М. М.</i> , канд. техн. наук. — Влияние обдувки дробью на повышение усталостной прочности деталей	47
<i>Левин Л. И.</i> , канд. техн. наук — О скорости за твердевания стали в песчаных формах и кокилях	52

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Шульман П. А.</i> , инж. — Пути сокращения длительности производственного цикла	57
<i>Ратнер М. Л.</i> , канд. техн. наук и <i>Устьянцев А. В.</i> , инж. — Статистический контроль в производстве нормалей	64

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Изобретения и улучшения: Скоростная электросварка валиковым швом с глубоким прогаром корня шва — <i>А. П.</i> Самозагружающийся передвижной конвейер системы <i>Сегаль И. С.</i> — <i>А. П.</i>	66
Публикация изобретений	67
Новые стандарты: <i>Гордон В. О.</i> , проф. и <i>Трахтенберг Г. Х.</i> , инж. — Новые стандарты на чертежи в машиностроении	68
В Комиссии по качеству поверхности при Институте машиноведения АН СССР — инж. <i>Розенбаум Б. С.</i>	72

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Рецензия	74
Новые издания Машгиза	75
Из прочитанного в советских технических журналах (1947 г.)	76
Обзор иностранных журналов	79

Главный редактор *М. З. Сабуров*

Зам. главного редактора *Л. Я. Шухгальтер*

ИЗДАТЕЛЬ МАШГИЗ МИНИСТЕРСТВА ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР

ВЕСТНИК МАШИНОСТРОЕНИЯ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Орган Министерств: Тяжелого машиностроения, Автомобильной промышленности,
Транспортного машиностроения, Машиностроения и приборостроения

1947 г. июль

Год издания XXVII

№ 7

КОНСТРУИРОВАНИЕ

Исследование прочности поверхностно-закаленной стали при циклических нагрузках

Канд. техн. наук И. В. КУДРЯВЦЕВ и инж. В. Н. НОВИКОВ

Поверхностная термическая обработка сталей индукционным способом, получившая в современном машиностроении значительное распространение, до сих пор, однако, применяется только для повышения износоустойчивости поверхности трущихся деталей. К поверхностной электрозакалке как средству повышения прочности машиностроительных деталей принято относиться с большой осторожностью. Известно [1], что закалка путем нагрева токами высокой частоты вызывает возникновение в изделии значительных внутренних напряжений, которые могут оказаться полезными, но также могут вызвать образование микротрещин в самом закаленном слое и в слоях металла, расположенных непосредственно под закаленной коркой. Большое значение имеет глубина закалки и длительность пребывания изделий в условиях высокого нагрева.

Наконец, для деталей сложной конфигурации необходим такой режим поверхностной закалки, который может создать закаленный слой нужной толщины на различных сечениях деталей, особенно в местах резких переходов от одного сечения к другому. Последнее весьма существенно, но не всегда легко выполнимо. Это может привести к неблагоприятному распределению остаточных напряжений, образованию микротрещин, прерывистому закаленному слою и другим явлениям, способным свести на-нет упрочняющее действие поверхностной закалки и даже понизить прочность детали.

Еще в 1940 г. в статье, посвященной изучению прочности поверхностно-закаленных изделий, проф. И. А. Одинг и доц. Э. В. Шлейер [2] писали:

„Следует констатировать чувствительность этого вида термообработки, необходимость широкого и глубокого исследования нового технологического процесса, оставаясь вполне уверенным в том, что можно

Результаты подсчетов углов среза на конус витков гайки с метрической резьбой, согласно выведенным формулам, графически изображены на рис. 5.

Из графика видно, что для равномерности распределения нагрузки углы среза витков в гайке достигают значительной величины и представляют ряд переходных конусов, соответствующих числу витков.

При наличии одного конуса угол среза витков может быть

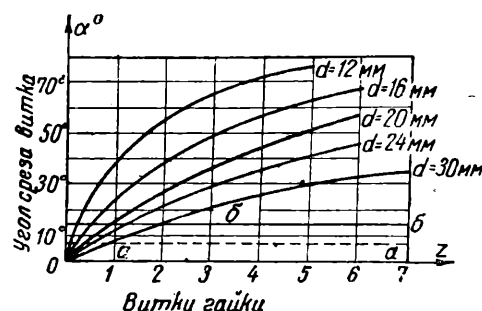


Рис. 5

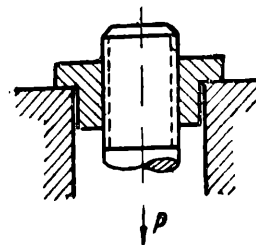


Рис. 6

допущен до $5-8^\circ$. Их среднее значение показано в виде прямой $a-a$. Учитывая, что в гайках с метрической резьбой наиболее нагружены первые два или три витка от торца, то их для разгрузки можно срезать на конус. При этом допустимый угол среза, исходя из наиболее ходовых размеров гаек находится в пределах $11-19^\circ$. Среднее значение показано прямой $b-b$.

б) Болт и гайка подвергаются растяжению (рис. 6). Этому виду соединения соответствует схема (рис. 4), когда левый стержень неподвижно закреплен в точке H . Условие неразрывности деформации крайних выступов, исходя из ранее принятых положений, представится, как

$$y_1 - y_2 = \Delta_1 - \Delta_1' \quad (10)$$

или

$$\frac{N}{G} \cdot \frac{t_1 - t_2}{F} = T \left(\frac{S}{F'E} - \frac{S}{F_1'E_1} \right) = Tm_1. \quad (11)$$

Тогда угол среза n -го выступа (крайнего) будет

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{z_n m_1 FG}{S}. \quad (12)$$

Произведенные подсчеты дают большие значения углов среза витков на конус, однако они меньше, чем у гаек, работающих на сжатие.

Изменение формы гайки

Предыдущие выводы, сделанные относительно среза витков гайки на конус, применимы и для гайки с нормальной нарезкой, у которой форма (наружная поверхность) будет изменяться по такому же закону, как и углы среза. Но так как наиболее нагруженными витками являются первые, считая от торца, и по мере удаления нагрузка уменьшается, то величина площадей изменяется в обратном отношении. В этом нетрудно убедиться рассуждая так: равномерное распределение нагрузки между витками гайки можно получить в том случае, когда отношение $\frac{m}{k}$ стремится к нулю. При этом следует, что площадь F_1' поперечного сечения гайки должна увеличиваться, площадь F_1 сечения ее витков остается постоянной величиной.

Результаты подсчетов углов среза на конус витков гайки с метрической резьбой, согласно выведенным формулам, графически изображены на рис. 5.

Из графика видно, что для равномерности распределения нагрузки углы среза витков в гайке достигают значительной величины и представляют ряд переходных конусов, соответствующих числу витков.

При наличии одного конуса угол среза витков может быть

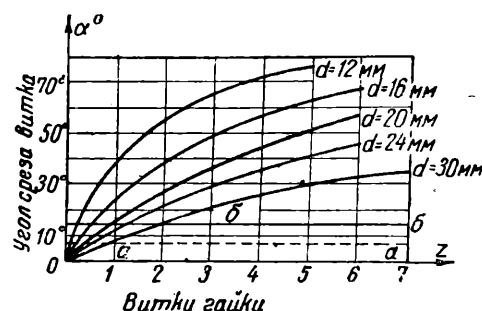


Рис. 5

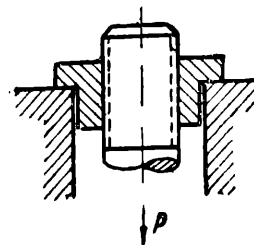


Рис. 6

допущен до $5-8^\circ$. Их среднее значение показано в виде прямой $a-a$. Учитывая, что в гайках с метрической резьбой наиболее нагружены первые два или три витка от торца, то их для разгрузки можно срезать на конус. При этом допустимый угол среза, исходя из наиболее ходовых размеров гаек находится в пределах $11-19^\circ$. Среднее значение показано прямой $b-b$.

б) Болт и гайка подвергаются растяжению (рис. 6). Этому виду соединения соответствует схема (рис. 4), когда левый стержень неподвижно закреплен в точке H . Условие неразрывности деформации крайних выступов, исходя из ранее принятых положений, представится, как

$$y_1 - y_2 = \Delta_1 - \Delta_1' \quad (10)$$

или

$$\frac{N}{G} \cdot \frac{t_1 - t_2}{F} = T \left(\frac{S}{F'E} - \frac{S}{F_1'E_1} \right) = Tm_1. \quad (11)$$

Тогда угол среза n -го выступа (крайнего) будет

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{z_n m_1 FG}{S}. \quad (12)$$

Произведенные подсчеты дают большие значения углов среза витков на конус, однако они меньше, чем у гаек, работающих на сжатие.

Изменение формы гайки

Предыдущие выводы, сделанные относительно среза витков гайки на конус, применимы и для гайки с нормальной нарезкой, у которой форма (наружная поверхность) будет изменяться по такому же закону, как и углы среза. Но так как наиболее нагруженными витками являются первые, считая от торца, и по мере удаления нагрузка уменьшается, то величина площадей изменяется в обратном отношении. В этом нетрудно убедиться рассуждая так: равномерное распределение нагрузки между витками гайки можно получить в том случае, когда отношение $\frac{m}{k}$ стремится к нулю. При этом следует, что площадь F_1' поперечного сечения гайки должна увеличиваться, площадь F_1 сечения ее витков остается постоянной величиной.

Выше было установлено, что перераспределения нагрузки по виткам гайки можно достигнуть, изменяя площадь ее поперечного сечения по высоте. Устройство кольцевой выточки в торце, благодаря которой сечение гайки уменьшается и податливость увеличивается, вызовет разгрузку нижних витков и догрузку верхних. Размеры выточки определяются по следующим соображениям. Высота ее h (рис. 2, a и b), как минимум, должна быть принята равной высоте $2\div 3$ наиболее нагруженных витков (соответствующих ходовым размерам гаек). Это составляет примерно $0,3\div 0,5 H$ — высоты гайки. Минимальная ширина выточки диктуется удобствами технологического процесса массового изготовления гаек. Форма кольцевой выточки — прямоугольная и трапецевидная.

Из всего сказанного можно сделать следующие заключения:

1. Введение в конструкцию гайки дополнительных элементов безусловно улучшает распределение давлений по виткам. При этом следует предпочесть, как более простой, срез витков на конус.

2. Углы среза витков на конус в гайках обоих типов — величины переменные (для одного размера) и большие, особенно у гайки, работающей на сжатие.

3. Полное разрешение вопроса о равномерном распределении давления по виткам гайки, с применением рассмотренных мероприятий, не представляется возможным.

4. Срез витков в гайке следует выполнять в виде переходных конусов с максимальным углом наклона образующих (рис. 7). Наиболее равномерное распределение нагрузки по виткам, срезанным на конус, можно получить у гаек с диаметром резьбы свыше 30 мм.

5. Простейшие формы гаек — конические и ступенчатые, улучшают распределение давлений по виткам.

6. Гайки с кольцевыми выточками в торце, хотя и сложнее в изготовлении, чем со срезом витков на конус, однако также заслуживают внимания. Трапецевидная форма выточки проще для производства, чем прямоугольная, и дает лучшее распределение нагрузки.

7. Отличительной особенностью всякого кольца перед опертым является соответствующий допуск в его основании (у торца), что делает мероприятие более рациональным.

8. Существующая корончатая гайка, обращенная разрезами вниз, улучшает распределение нагрузки по виткам.

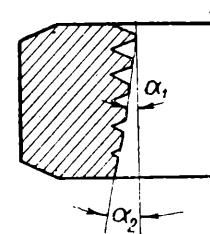


Рис. 7

ИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

К вопросу о браковке изношенных стальных канатов

Канд. техн. наук Д. Г. ЖИТКОВ, инж. Н. Н. НЕКРАСОВ
и инж. И. Т. ПОСПЕХОВ

Вопрос о том, при каких внешних признаках износа стальной канат, используемый в качестве грузового на подъемном устройстве (кране, лифте и т. п.), должен быть изъят из эксплуатации как опасный, до настоящего времени в полной мере еще не разрешен. Причиной этого

в основном следует считать сложность физических явлений, происходящих в стальном канате и не поддающихся исчерпывающему экспериментальному изучению.

Основной задачей работы, проведенной авторами в 1944 — 1946 гг. на Центральной испытательной станции Главной госу-

Выше было установлено, что перераспределения нагрузки по виткам гайки можно достигнуть, изменяя площадь ее поперечного сечения по высоте. Устройство кольцевой выточки в торце, благодаря которой сечение гайки уменьшается и податливость увеличивается, вызовет разгрузку нижних витков и догрузку верхних. Размеры выточки определяются по следующим соображениям. Высота ее h (рис. 2, a и b), как минимум, должна быть принята равной высоте $2\div 3$ наиболее нагруженных витков (соответствующих ходовым размерам гаек). Это составляет примерно $0,3\div 0,5 H$ — высоты гайки. Минимальная ширина выточки диктуется удобствами технологического процесса массового изготовления гаек. Форма кольцевой выточки — прямоугольная и трапецевидная.

Из всего сказанного можно сделать следующие заключения:

1. Введение в конструкцию гайки дополнительных элементов безусловно улучшает распределение давлений по виткам. При этом следует предпочесть, как более простой, срез витков на конус.

2. Углы среза витков на конус в гайках обоих типов — величины переменные (для одного размера) и большие, особенно у гайки, работающей на сжатие.

3. Полное разрешение вопроса о равномерном распределении давления по виткам гайки, с применением рассмотренных мероприятий, не представляется возможным.

4. Срез витков в гайке следует выполнять в виде переходных конусов с максимальным углом наклона образующих (рис. 7). Наиболее равномерное распределение нагрузки по виткам, срезанным на конус, можно получить у гаек с диаметром резьбы свыше 30 мм.

5. Простейшие формы гаек — конические и ступенчатые, улучшают распределение давлений по виткам.

6. Гайки с кольцевыми выточками в торце, хотя и сложнее в изготовлении, чем со срезом витков на конус, однако также заслуживают внимания. Трапецевидная форма выточки проще для производства, чем прямоугольная, и дает лучшее распределение нагрузки.

7. Отличительной особенностью всякого кольца перед опертым является соответствующий допуск в его основании (у торца), что делает мероприятие более рациональным.

8. Существующая корончатая гайка, обращенная разрезами вниз, улучшает распределение нагрузки по виткам.

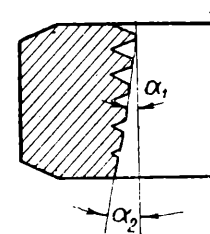


Рис. 7

ИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

К вопросу о браковке изношенных стальных канатов

Канд. техн. наук Д. Г. ЖИТКОВ, инж. Н. Н. НЕКРАСОВ
и инж. И. Т. ПОСПЕХОВ

Вопрос о том, при каких внешних признаках износа стальной канат, используемый в качестве грузового на подъемном устройстве (кране, лифте и т. п.), должен быть изъят из эксплуатации как опасный, до настоящего времени в полной мере еще не разрешен. Причиной этого

в основном следует считать сложность физических явлений, происходящих в стальном канате и не поддающихся исчерпывающему экспериментальному изучению.

Основной задачей работы, проведенной авторами в 1944 — 1946 гг. на Центральной испытательной станции Главной госу-

Шрифты. Стандарт устанавливает шрифты, обязательные к применению в машиностроительных чертежах. Допускается шрифт без наклона для обозначения номеров чертежей с соблюдением указанных в стандарте типов и размеров цифр и букв.

Штриховка в разрезах и сечениях. Введены в качестве допускаемых варианты штриховки для деталей, штампованных из тонкого листового металла (рис. 2), и для изделий из резины (рис. 3).



Рис. 2



Рис. 3

Расстояния между линиями штриховки для металла, кожи, заливок и т. д. выбираются от 1 до 4 мм, а для железобетона и кирпича — от 3 до 8 мм. Обозначение стекла можно выполнять от руки.

Линии чертежа и их обводка. Введены указания о том, что при выполнении подлинника на прозрачном материале в карандаше линии обводки могут быть утолщены для четкости копий. При изображении деталей, штампованных из тонкого листового материала, линии обводки допускаются тоньше 0,4 мм. Для изображения излома (обрыва) допускается также тонкая линия по типу показанной на рис. 4. Штри-

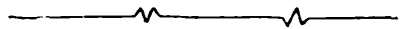


Рис. 4

ховка в разрезе деталей, создающих «обстановку» для основной детали (прилегающих или сочетающихся с основной деталью), не обязательна.

Нанесение размеров. Стандарт содержит общие правила нанесения размеров на чертежах, а не правила простановки размеров в зависимости от выбора конструктивных и технологических баз.

В стандарте указывается, что расстояния между параллельными размерными линиями должны быть не менее 5 мм, а от размерных линий до линий контура — не менее 4 мм.

При отсчете линейных размеров от некоторой базы допускается проведение одной общей размерной линии (рис. 5). До-

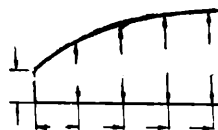


Рис. 5

пускается наносить размеры на одной половине изображения (рис. 6), представляющего собою симметричную фигуру (для тел вращения это исключается). При

указании надписью конических фасок на телах вращения рекомендуется делать надпись по типу $2 \times 45^\circ$, где 2 — высота усеченного конуса, а 45° — угол между

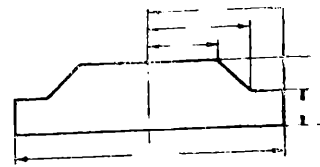


Рис. 6

образующей конуса и его осью. Повторяющиеся одинаковые отверстия могут быть указаны надписью по типу «12 отв. $\varnothing 30$ » (рис. 7).

Рядом с размером радиуса (впереди) во всех случаях должна быть поставлена

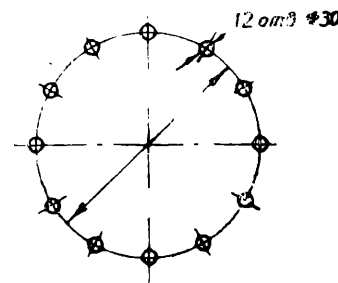


Рис. 7

буква R. Также сделано обязательным нанесение знака диаметра ($\varnothing$), когда его размер указан не на том виде или разрезе, на котором имеется проекция в форме окружности (рис. 8).

Обозначение допусков на чертежах. Введено указание, что предельные отклонения наносятся на чертежах непосредственно после номинального размера либо условными обозначениями по общесоюзным стандартам на допуски и посадки, либо числовыми величинами. В виде исключения допускается указывать наряду с условными обозначениями числовые величины отклонений, причем последние рекомендуется наносить в скобках и выполнять уменьшенным (в сравнении с номинальным размером) шрифтом.

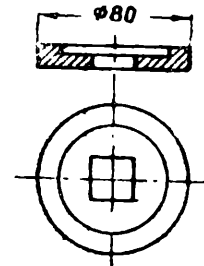


Рис. 8

В стандарте даны условные знаки и пояснительные надписи для указания допустимых отклонений формы и расположения поверхностей. Знаки и надписи приведены для следующих отклонений: непрямолинейности, неплоскостности, непараллельности, овальности, конусности, радиального биения, торцевого биения, перпендикулярности, несоосности, несимметричности.

Изображение и обозначение резьбы. В стандарт введено дополнение: если при изображении резьбы в отверстии штриховая окружность будет перекрываться окружностью от заходной фаски, то в этой проекции заходную фаску не показывают.

Дан вариант изображения резьбы на винтах для дерева (рис. 9). Установлено,

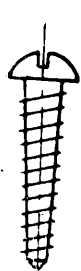


Рис. 9

что для левой резьбы следует к ее обозначению добавлять полностью слово «левая».

Допускается не включать номер стандарта в обозначение резьбы.

ОСТ 7542—39 дан в виде справочной таблицы, приложенной к стандарту «Изображение и обозначение резьбы». Таблица содержит данные из стандартов резьбы; в нее введены обозначения из ОСТ 4039, 4004, 20008—38 и 20010—38.

В ГОСТ 3459—46 указано, что в обозначениях метрических резьб можно не ставить букву М; кроме того, может быть опущена ссылка на номер стандарта соответствующей резьбы.

Условные изображения зубчатых зацеплений. Обозначение по черт. 4 из ОСТ 7544—39 отнесено только к колесам с прямыми зубьями. Введен чертеж для случая, когда вершины начальных конусов не совпадают в одной точке.

Условные изображения пружин. При условном изображении винтовых пружин, свитых из тросов, состоящих из нескольких проволок (жил), необходимо наносить надпись по типу «трехжильная», «четырёхжильная» и т. д.

Дано изображение дисковых пружин (пружины Бельвиля) в сборе.

Условные обозначения на схемах деталей трубопроводов, арматуры, теплотехнических и санитарно-технических приборов и аппаратуры. Добавлено обозначение сифон-реализации (рис. 10).

Условные обозначения трубопроводов, несущих жидкости и газы. Пункт 4 из ОСТ 7547—39 изложен так: для более

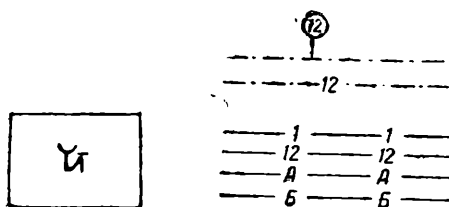


Рис. 10

Рис. 11

детального подразделения трубопроводов по их содержанию (например, вода чистая, вода теплая и т. д.) условное обозначение отмечают цифрой (или буквой) на выноске или на линии трубопровода. В этих случаях и вообще при большом количестве трубопроводов допускается единое их обозначение прямыми линиями с цифрами (или буквами) в разрывах линий (рис. 11).

На каждом листе чертежа должны быть даны пояснения примененных условных обозначений.

Условные обозначения для кинематических схем. В стандарте даны условные обозначения для кинематических схем в ортогональных проекциях по следующим позициям:

- 1) характер и направление движения,
- 2) траектория точки, 3) геометрическая ось элемента, 4) вал, ось, шатун и т. п., 5) вращение вала, 6) неподвижное закрепление оси, 7) неподвижная опора для движущегося стержня, 8) неподвижная и подвижная опоры, 9) соединение стержней, 10) соединение стержня с неподвижной опорой, 11) подшипники скольжения и качения (на валу), 12) пяты скольжения и качения, 13) фиксация вала от осевого перемещения, 14) соединение детали с валом, 15) соединение двух деталей, 16) соединение двух валов, 17—19) муфты, 20) тормозы, 21) ползун, 22) цилиндр с поршнем, 23) соединение кривошипа с шатуном, 24) соединение коленчатого вала с шатуном, 25) кулисный механизм, 26) кулачковые механизмы, 27) храповый механизм, 28) маховик на валу, 29—30) шкивы на валу, 31—34) передачи ремнем, 35) передачи цепью, 36) передачи фрикционные, 37—40) зубчатые зацепления, 41—42) винт, передающий движение, и гайка на нем, 43) двигатели, 44) пружины, 45) блок из двух шестерен, 46) зубчатые механизмы, 47) рычаг переключения, 48—49) конец вала и съёмная рукоятка, 50) маявничок, 51) концы шпинделей металлорежущих станков, 52) вал трансмиссионный на опорах, 53) соединения: заклепочное, болтами, винтом, шпилькой.

Способ нанесения номеров деталей и подразделений изделий на сборочных чертежах. Исключен способ указания номеров в кружках, оставлены лишь «полки». Линия-выноска может оканчиваться или утолщением (точкой) или стрелкой; одно-сторонняя стрелка исключена.

Допускается нанесение линии-выноски, общей для группы крепежных деталей (например, болт-шайба-гайка), относящихся к одной и той же точке крепления.

Рекомендовано располагать номера по часовой стрелке или против нее.

Буквенные обозначения. Если в нормалях, графиках, таблицах и надписях, сопровождающих чертежи, и на самих чертежах необходимо буквенное обозначение точек, линейных размеров, площадей и объемов, то следует применять буквы латинского алфавита, а для углов — преимущественно буквы греческого алфавита.

Исключены обозначения строчными буквами площадей и объемов. Радиус при цифровом размере должен обозначаться прописной буквой R, а не строчной.

Предпочтительно, при обозначении ряда однородных величин одной и той же буквой с цифровым порядковым индексом, обозначать величину, которая принимается в качестве основной, соответствующей буквой без индекса (например d, а затем d₁, d₂, d₃ и т. д.).

дна обоих затворов в кольцевой жолоб, укрепленный на стойках у внутренней стороны печи. Проектные данные печи следующие: диаметр осевой окружности — 3200 мм, площадь пода — 8 м², напряжение пода — 500 кг/м² час, топливо — торфяной генераторный газ $Q_H^p = 1500$ кал/м³, расход газа — 2400 м³/час, горелки Рупмана номинальной производительностью ~ 100 м³/час.

Горелки (в количестве 22 шт.) располагаются равномерно по всей окружности печи, направление их — радиальное.

Отвод продуктов горения через каналы во внутренней стенке и, частично, через отверстие в своде перед загрузочным окном. Над последним предполагалась установка игольчатого рекуператора для подогрева воздуха.

Эта печь использовалась в основном для нагрева заготовок траков (полоса 20×200×500 мм) и частично для других деталей (кривошипов, шатунов и др.). Первые загружались в печь по высоте в 2 ряда, все остальные — в 1 ряд.

Эксплоатация печи сразу же выявила некоторые серьезные конструктивные недостатки, из которых главные:

а) отвод продуктов горения через каналы во внутренней стенке толщиной 350 мм делает ее непрочной; такая система отвода фактически исключала установку рекуператора, так как он не получал бы достаточного количества продуктов горения для подогрева воздуха;

б) частая засариваемость трубок, питающих водой внутренний водяной затвор, из-за присоединения их ко дну затворов; это вызывало перегрев внутреннего опорного кольца, отчего обвалы внутренней стенки происходили 2—3 раза в месяц; после 10-месячной эксплуатации печи внутреннее опорное кольцо выгорело почти целиком;

в) низкое расположение уровня слива воды (80 мм от дна затворов), приводящее иногда к работе печи с недостаточно заполненными затворами; в этом случае прорывы горячих газов ускоряли разрушение опор под стенками;

г) неправильное распределение мест подвода топлива; равномерная расстановка горелок по периметру печи в радиальном направлении не давала методического нагрева, и при поточном движении заготовок печь была лишена преимуществ, связанных с этим способом.

В результате печь имела высокий удельный расход топлива: 650—700 кг условного топлива на тонну нагретого металла. Двухкамерные печи в этом же цехе работали с удельным расходом топлива 400—450 кг.

В августе 1945 г. карусельная печь была подвергнута капитальному ремонту и реконструкции (рис. 2). Кольцевой канал печи разделен на открытый сектор, занимающий 16,6% длины окружности, камеру окончательного нагрева — 46% и методическую часть — 37,4%. Подвод топлива сосредоточен в камере окончательного нагрева, где установлено 9 горелок производительностью 150 м³/час. У окна выдачи расположена дополнительная горелка производительностью 100 м³/час с радиальным направлением факела. В методической части печи свод опущен. Снижение свода с 900 на 600 мм осуществлено в секторе с центральным углом 30°. Отвод продуктов горения предусмотрен через отверстие в своде перед загрузочным окном. Таким образом печь получила преимущества, присущие методическому принципу работы.

Для большей стойкости металлических конструкций печи опорные кольца значительно усилены и на них уложены охлаждаемые водой чугунные плиты.

Для удобства очистки гидравлических затворов наружная стенка желобов сделана наклонной, создан отдельный подвод воды к обоим затворам. Отвод же выполнен из их верхней части в специальный спускной жолоб, расположенный снаружи печи. Это дает постоянное заполнение затворов и способствует контролю за условиями их работы.

Открытый сектор печи предусмотрен для удобства осмотра и ремонта футеровки подины, которая (по сравнению с остальными элементами печи) подвергается более сильному износу.

Рекуператор при реконструкции печи не был установлен из-за отсутствия труб. Показатели работы карусельной печи до и после реконструкции были следующие.

	До рекон- струкции	После ре- конструкции
Производительность печи, кг/час	850	1435
Напряжение пода, кг/м² час	106,3	179,4
Средний расход натурального топлива, м³/час	2460	2140
Удельный расход условного топлива, кг/т . .	633	345

Эти данные получены после длительных наблюдений за работой печи при штамповке траков. Производительность ее после реконструкции полностью удовлетворяет потребность молота в нагретом металле. Длительность пребывания заготовок в печи — 32 мин.

Кроме увеличения производительности и снижения удельного расхода топлива, достигнуто уменьшение расходов на ремонты печи. До реконструкции она останавливалась ежемесячно и, кроме кладки, ремонтировались опорные кольца, ножи и

желоба гидравлических затворов. После реконструкции периодичность ремонтов резко снизилась — печь (в основном только футеровка пода) ремонтируется раз в 3 месяца.

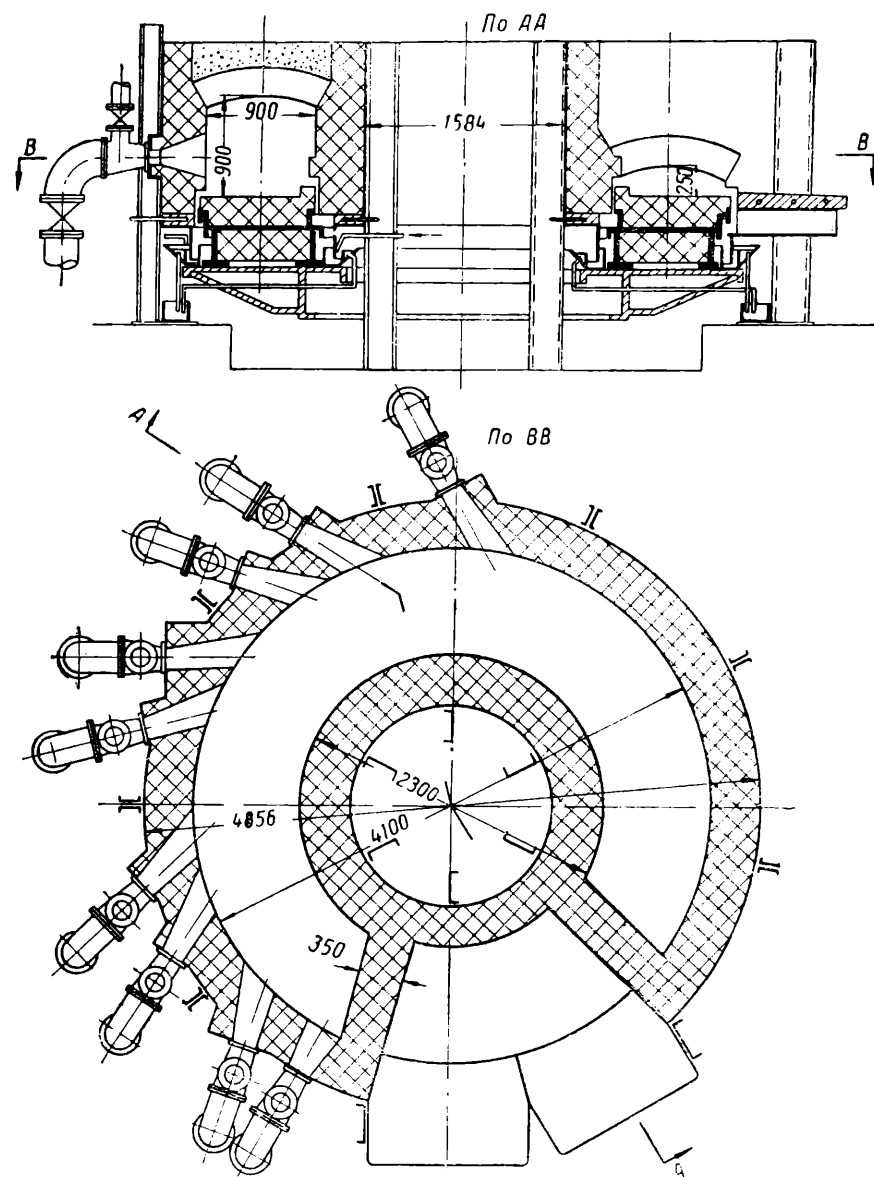


Рис. 2. Печь после реконструкции

Показатели производительности и удельного расхода топлива после реконструкции печи далеки еще от предельных. Они установились в соответствии с достигнутой производительностью молота; здесь сказалось также и отсутствие рекуператора для подогрева воздуха.

Выводы

1. Карусельная печь служит универсальным, достаточно производительным и экономичным нагревательным устройством, вполне пригодным для обслуживания штамповочных молотов большой мощности.
2. При конструировании карусельных печей кольцевого типа должен соблюдаться принцип методичности нагрева путем необходимого расположения горелок и размещением отвода продуктов горения в хвостовой части печи.
3. Для работоспособности карусельных печей существенное значение имеет прочность конструкции опор под стенами и гарантированная герметичность затворов для уплотнения. Устройство водяных затворов — не единственное решение, и, например, песочные затворы, при наличии литых опорных конструкций, могут также хорошо поддерживать надежную работу печей.

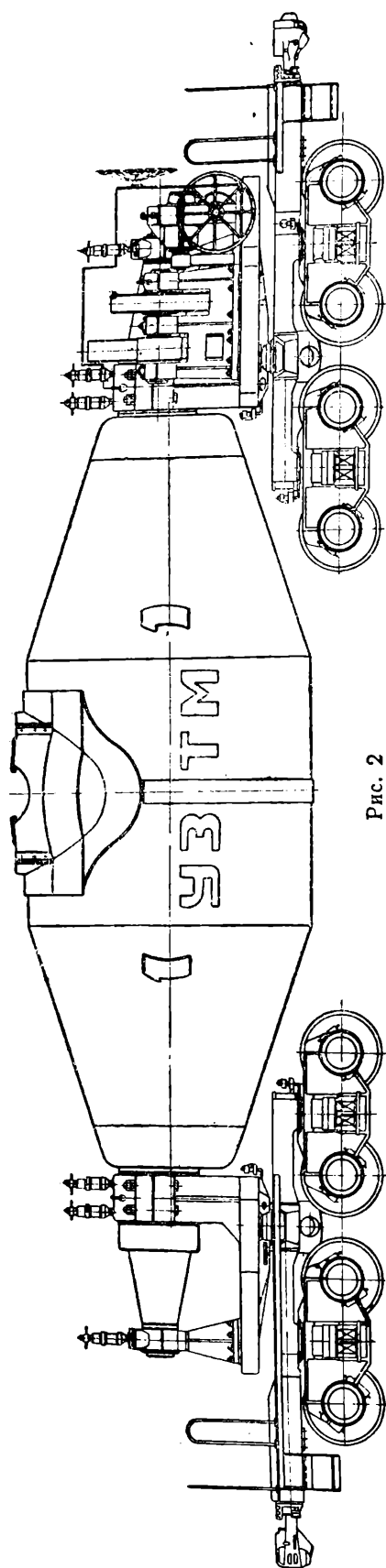


Рис. 2

чена и несет на себе весь механизм кантования ковша. Каждый вагон состоит из двух двухосных тележек статической грузоподъемностью по 80 т, связанных через тарельчатые пятники общей стальной рамой.

Железнодорожные тележки выполнены на сферических двухрядных роликоподшипниках. В рессорах по 12 цилиндрических винтовых пружин.

Сцепка — автоматическая. Длина чугуновоза в осях сцепок — 16 400 мм.

Оболочка ковша — сварная, из листа толщиной 30 мм, имеет отверстия диам. 14 мм, расположенные в шахматном порядке с шагом 500—600 мм. Отверстия предназначены для выхода пара при сушке футеровки, что предохраняет последнюю от повреждения и отхода от оболочки. Полезный объем ковша — 26,15 м³; он обеспечивает грузоподъемность до 200 т.

Отсутствие общей рамы под чугуновозом, помимо уменьшения собственного веса и лучшей проходимости кривых, позволяет ковшу вращаться на 360°, что особенно важно при смене футеровки.

Положение оси вращения ковша обеспечивает во всех случаях восстанавливающий момент от его собственного веса, т. е. самовозврат ковша в вертикальное положение. Общая высота чугуновоза от головки рельсов до верхней кромки горловины — 4140 мм. Мотор ковша — трехфазный, короткозамкнутый, мощностью 11 квт 675 об/мин. Передаточное число привода при скорости вращения ковша 0,2 об/мин равно 3375.

Механизм привода кантования ковша имеет одну червячную передачу, заключенную в масляную ванну, и три пары цилиндрических зубчатых передач, собранных в самостоятельный блок.

Принятый угол скольжения червяка в 70° практически самотормозящий; благодаря большому передаточному числу (3375) и трению в передачах имеется надежное удерживание ковша от самопроизвольного движения к исходному вертикальному положению. В случае отсутствия напряжения в сети механизм может приводиться вручную, для чего предусмотрен штурвал, надеваемой на вал че-вяка.

Весь механизм кантования закрыт пыленепроницаемым металлическим кожухом сварной конструкции, имеющим соответствующие окна для наблюдения и смазки.

Проект чугуновоза создан группой конструкторов доменного оборудования в составе С. И. Табакина, Н. А. Перотта, М. З. Козлова и др.

Инж-ры С. М. ГАВРИЛОВ
и В. Ф. КАЧАНОВ

Металлокерамика в машиностроении НОВОЙ пятилетки

Канд. техн. наук М. Ю. БАЛЬШИН

В последние годы быстро развивается новая отрасль техники — металллокерамика (порошковая металлургия), занимающаяся изготовлением металлических изделий из порошков.

Значение металллокерамики в свете задач новой Сталинской пятилетки трудно переоценить. При освоении новых машин конструкторы должны использовать ценные свойства металллокерамических материалов. Технологи должны освоить заводские методы их получения.

Основной вариант металллокерамического производства заключается в том, что смесь порошков нужного состава прессуется в стальных прессформах, после чего спрессованные полуфабрикаты термически обрабатываются (спекаются) при температуре ниже точки плавления главного компонента сплава. После спекания изделия можно также дополнительно обрабатывать давлением, для доведения до точных размеров или же повышения плотности.

Металлокерамическая технология имеет два основных преимущества перед обычными методами получения металлических материалов и изделий.

Во-первых, она позволяет получать новые материалы, изготовление которых обычными методами невозможно — например, тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, тантал); композиции из металлов и неметаллов (медно-графитовые щетки, магнито-диэлектрики из ферромагнитных материалов и пластмасс); пористые подшипники и фильтры и т. п.

В ряде случаев такие новые металллокерамические материалы являются эффективными заменителями цветных металлов. Так например, пористое железо может заменять медь, оловянистую бронзу, латунь, свинец.

Во-вторых, техника порошковой металлургии дает возможность изготавливать детали окончательных размеров с допусками по третьему, второму и даже в некоторых случаях по первому классу точности, не прибегая к обработке резанием. Поэтому отпадают потери металла в стружку, доходящие при обычных методах изготовления деталей до 80%, и расходы на обработку резанием.

Количественно выпуск металллокерамических изделий в настоящее время невелик — менее 0,1% от мировой продукции металла¹. Эта скромная цифра не дает истинного представления о значении порошковой металлургии для техники не только с точки зрения качества получаемых материалов и изделий, но и затрат металла. Один килограмм порошкового железа, применяемого для изготовления подшипников или деталей, соответствует (в связи с отсутствием потерь металла в струж-

¹ В Германии во время войны выпуск металллокерамических изделий доходил до 0,2% от общего веса довоенного выпуска металла.

Значения постоянной K для слитка $200 \times 200 \times 400$ мм, залитого в кокиль, в зависимости от времени с начала затвердевания

Место кокиля и слитка	Время с начала затвердевания, сек.								
	20	50	100	200	300	400	500	700	900
Сторона металлической стенки. Голова слитка .	2,01	2,42	2,60	2,53	2,65	2,90	—	—	—
Сторона металлической стенки. Хвост слитка . .	4,02	3,77	3,50	3,00	3,06	3,15	3,35	3,78	4,33
Внутренний угол, образуемый металлическими стенками кокиля	4,69	4,04	4,30	3,69	4,75	4,70	4,72	—	—
Песчаная стенка кокиля. Голова слитка	0,60	1,41	1,60	1,40	1,41	1,75	1,80	1,60	1,70
Песчаная стенка кокиля. Хвост слитка	0,60	1,41	1,60	1,41	1,44	1,45	1,56	1,58	1,60
Внутренний угол, образуемый песчаными стенками кокиля	0,80	1,88	2,10	2,01	2,02	2,60	2,77	—	—

Выводы

1. Скорость затвердевания стали в песчаных формах в начале кристаллизации увеличивается пропорционально квадратному корню из времени. Позднее скорость затвердевания увеличивается. Общая зависимость скорости нарастания затвердевшего слоя металла может быть выражена уравнениями гиперболы или параболы. Параболическое уравнение можно считать справедливым для случая, когда температура поверхности раздела металла отливки и песка формы остается длительное время неизменной (крупное литье).

2. Скорость затвердевания в условиях кокильной заливки (да и в условиях производства слитков) является переменной величиной, имеющей максимальное значение в начале затвердевания и затем постепенно уменьшающейся.

3. В первые моменты затвердевания средняя линейная скорость затвердевания стали со стороны металлической части формы в 3—5 раз больше соответствующих значений средней линейной скорости затвердевания со стороны песчаной части формы (кокиля).

К концу затвердевания, особенно при производстве массивных отливок, разница в скорости увеличивается не более чем в двое.

4. В условиях кокильного литья „термический центр“ расположен ближе к песчаной части формы.

5. Скорость затвердевания (при верхнем подводе металла) достигает максимальных значений в нижних частях кокиля, особенно в углах, образуемых его металлическими стенками.

6. Скорость затвердевания стали в кокиле несколько больше при применении сырых стержней, чем при сухих. Однако эта разница практически не имеет существенного значения.

7. Время полного затвердевания отливок равного веса предопределяется главным образом величиной поверхности охлаждения.

8. „Постоянная“ K в формуле Филда для различных мест отливки в различные периоды с момента начала затвердевания сильно изменяется. Например, по высоте прямоугольного слитка одни значения K могут быть в 2—2,5 раза больше других.

9. $K_{мет}$ в кокильной форме больше $K_{песч}$ в 3—5 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Feild A. L., „Trans. Am. Soc. for Steel Treating“, 1927, vol. 11.
2. Nelson L. H., „Trans. Am. Soc. for Metals“, 1934, vol. XXII, № 3.
3. Chvorinov N., „Die Giesserei“, 1940, № 3.
4. Нехендзи Ю. А., Кокильное стальное литье, Metallurgizdat, 1943, М., Свердловск.
5. Schwartz H., „Foundry“, 1944, № 12.
6. Briggs C. a Gezelius R., „Trans. Am. Foundrym. Assoc.“, 1935, vol. XLII.
7. Troy, „Steel Founders Soc. of Am.“, 1943, February.
8. Нехендзи Ю. А. и Леви Л. И., Бюллетень литейщика № 4, 1946, Ленинград.

Пути сокращения длительности производственного цикла

Инж. П. А. ШУЛЬМАН

(Ново-Краматорский завод им. Сталина)

В 1945 г. перед Министерством тяжелого машиностроения была поставлена задача организовать производство крупных обжимных станов (блумингов) новой, усовершенствованной конструкции. Годовая производительность одного такого стана составляет 1 500 000 т блумсов и слябов из углеродистых и специальных сталей; общая протяженность механизмов — 180 м, вес — 4057 т, общая мощность электрооборудования — 2000 квт. Технический проект этих станов был разработан Центральным конструкторским бюро металлургического машиностроения (ЦКБММ) при участии конструкторских коллективов ряда заводов министерства. Первый послевоенный советский блуминг предназначался для закавказского металлургического завода и должен был быть готов в третьем квартале 1946 г., и, таким образом, общая длительность изготовления первого стана, включая и разработку проекта, должна была составить не более одного года.

Решить такую задачу обычными методами не представлялось возможным. Заводы тяжелого машиностроения в первые годы после Великой отечественной войны не были еще подготовлены к выпуску совершенных прокатных машин в такие сжатые сроки. Нужно было искать новые пути, которые обеспечили бы максимальное сокращение длительности производственного цикла в условиях индивидуального тяжелого машиностроения. Эти пути были прежде всего найдены в широком кооперировании в изготовлении блумингов.

Изготовление узлов и механизмов блумингов, а также рабочее проектирование по ним было возложено на 12 заводов министерства, в том числе на такие, как НКМЗ им. Сталина (г. Краматорск), НКМЗ им. Сталина (г. Электросталь), Уралмашзавод, СКМЗ им. Орджоникидзе, Южноуральский завод тяжелого машиностроения, Иркутский, Алмаатинский заводы и др. При этом наиболее ответственные задания были возложены на Ново-Краматорский Ордена Ленина машиностроительный завод им. Сталина в г. Краматорске. Здесь изготавливались такие основные уникальные узлы, как рабочие и шестеренные клетки, ножницы давлением 1000 т, механизмы смены валков, главные шпиндели, механизмы уравнивания шпинделей. Общий вес всех узлов и механизмов, подлежащих изготовлению на этом заводе, превысил 1200 т, составляя более 30% к общему весу всего блуминга.

Преимущества кооперирования, учитывающего специализацию заводов и их производственные возможности, очевидны. Освобожденные от изготовления средних и мелких узлов ведущие заводы могли сосредоточить свое внимание и технические средства на организации производства основных и наиболее ответственных узлов блуминга.

Вторым по своему значению условием сокращения длительности производственного цикла являлось то, что параллельно с разработкой технического проекта блуминга были в полной мере развернуты рабочее проектирование, разработка технологических процессов и чертежей на основные приспособления, инструменты и другие специальные предметы оснащения. Еще тогда, когда в ЦКБММ в Москве продолжались работы по техническому проекту линии стана, на НКМЗ им. Сталина была отлита первая станина рабочей клетки с черновым весом до 90 т (рис. 1). В это же время, на основе предварительных данных, полученных от проектантов, были разработаны и выданы в производство чертежи на изготовление наиболее трудоемкого агрегатного приспособления для строжки квадратного отверстия в ступицах нажимных механизмов рабочей клетки.

Организирующим началом явился сквозной график. Он охватывал все стадии работ, начиная с разработки технического проекта и кончая сборкой и испытанием готовых узлов.

Таким образом в первый же этап подготовки и развертывания производства блумингов определились принципиально-новые для отечественного тяжелого машиностроения организационные формы, которые можно охарактеризовать так:

- 1) осуществление кооперации в области рабочего проектирования при наличии единого координирующего органа — Центрального конструкторского бюро;
- 2) организация широкого кооперирования в изготовлении оборудования блумингов, с учетом поставки каждым заводом на место монтажа стана совершенно готовых узлов и механизмов;

образом определяем из уравнений равновесия некоторые величины. Можно для каждого рода и вида механизма наперед указать эти величины, для чего достаточно найти символ механизма по нашей таблице.

Так, для механизмов $ПП$, т. е. для таких, звенья которых могут совершать только поступательные движения, параллельные одной и той же плоскости, предполагая все силы в одной плоскости, мы, кроме уравновешивающей силы, можем в этой плоскости определить из уравнений равновесия величины и направления всех реакций; неизвестными останутся положения линий, их действия, т. е. их моменты в этой плоскости. Если же силы не лежат в одной плоскости, то статически неопределимы будут еще их слагающие, перпендикулярные к плоскости, и моменты в плоскостях, перпендикулярных к ней же. Для механизмов $П||B$, т. е. для таких, звенья которых имеют движения, составленные из поступательных одного и того же направления и вращательных вокруг общей оси того же направления, к которым принадлежит рассмотренный выше трехзвенный винтовой механизм, определяем осевые реакции и моменты вокруг общей оси и т. д. Следовательно, для механизмов 1-го рода мы имеем возможность статически определить две величины, относящиеся к реакциям, именно те, которые указаны символом, понимая под буквой $П$ — силы (или слагающие сил) по направлению поступательного движения, а под буквою B — моменты вокруг оси вращения.

Для плоских шарнирных механизмов, обозначенных символом $ПП \perp B$, мы имеем аналогичное указание: две буквы $П$ означают возможность найти обе слагающие реакций в плоскости движения, а следовательно, и всю силу в этой плоскости, буква B — возможность найти и расположение сил в той же плоскости. В частности, для вращательных пар заранее считаем реакции их проходящими через центры вращения, а для поступательных пар — плечи их реакций. Для сферических же механизмов, помещенных под символом BBB , найдем для каждой реакции все три момента, т. е. полный момент относительно общего центра вращения, но не найдем величин самих реакций. При сферическом изображении этих механизмов мы на изображающей сфере определим реакции, проходящие через центры шарниров, т. е. через изображения осей вращения, аналогично тому, как при изображении «плоских» механизмов на плоскости, находим реакции в шарнирах⁴; умножая же реакции на радиус изображающей сферы, определим указанные выше моменты.

Таким образом для механизмов 2-го рода определили статически три величины в соответствии с тремя буквами их символа и т. д.

Наличие индивидуальных связей не позволяет провести такого процесса. Поэтому к каждому такому механизму следует применять «индивидуальный» подход, подыскав такие уравнения статики и деформации, которые позволили бы определить все неизвестные. В этом случае можно только рекомендовать обратить механизм в неизменяемую систему, введя еще одну связь, и применить к последней приемы, известные из теории сооружений.

Итак, родовые пассивные связи позволяют отделить лишние неизвестные, между тем как индивидуальные связи приводят только к соотношениям между неизвестными.

7. Проведенный анализ далеко не исчерпывает всех возможных случаев, которые могут встретиться при определении реакций в механизмах, даже «идеальных», — для этого пришлось бы заново перестроить всю кинестатику механизмов. Тем более это трудно сделать для дей-

⁴ См. «Основы теории сферических механизмов», Известия АН СССР, 1940.

ствительных механизмов с их неизбежными «ошибками»⁵. Однако, как нам кажется, здесь указывается то направление, по которому надо идти в решении этой задачи.

Вопрос о пассивных связях, следовательно, вовсе не так прост, как это может показаться с первого взгляда, и требует к себе весьма внимательного отношения. Важность его решения для конструирования механизмов и машин бесспорна. Если в такой сравнительно простой задаче, как определение реакций многоопорной балки, не нашли еще достаточно точного и пригодного для практики решения, то тем с большей осторожностью надо подходить к аналогичной задаче по отношению ко всему механизму в целом.

⁵ См. Н. Г. Бруевич, Точность механизмов, 1946.

Повышение усталостной прочности деталей дробеструйной обработкой

Инж. З. Л. РЕГИРЕВ

Усталостное разрушение деталей машин и механизмов, работающих в условиях знакопеременного изгиба или кручения, происходит от растягивающих напряжений. Для таких деталей, как крестовины шарниров, пружины, рессоры, шестерни, торсионные, коленчатые и карданные валы, — эти растягивающие напряжения достигают значительной величины, и их уменьшение имеет весьма существенное значение.

Одним из эффективных методов борьбы с влиянием растягивающих напряжений на развитие усталостного разрушения в поверхностном, максимально напряженном, слое детали является дробеструйный наклеп (Shot peening), который создает в этом слое остаточные сжимающие напряжения.

При работе наклепанной детали в условиях знакопеременных нагрузок сопротивление растяжению поверхностного наклепанного слоя увеличивается; возникающие растягивающие напряжения в поверхностном слое уменьшаются под влиянием предварительно созданных дробеструйным наклепом сжимающих напряжений, благодаря чему усталостная прочность поверхностного слоя, а следовательно и всей детали, повышается.

Дробеструйный наклеп производится ударами круглой стальной или чугунной закаленной дроби, выбрасываемой с высокой скоростью на поверхность обрабатываемой детали. Струя дроби вызывает пластическую деформацию поверхностного слоя стали толщиной от 0,15 до 3 мм; эта деформация происходит при напряжениях, превышающих напряжения, при которых устанавливается предел текучести при растяжении, а потому поверхностный наклепанный слой стали делается более твердым и прочным. Так как пластичность наклепанного слоя при этом уменьшается, то слишком интенсивный наклеп, а вместе с тем и высокие сжимающие напряжения в наклепанном слое вызывают чрезмерные растягивающие напряжения во внутрилежащем слое. Это приводит к образованию микротрещин, т. е. к понижению прочности детали. Таким образом в результате слишком интенсивного наклепа может быть получено вместо повышения даже понижение усталостной прочности.

Под наклепанным поверхностным слоем располагается слой стали, не достигший своего предела текучести и, следовательно, упругий. По окончании процесса дробеструйного наклепа в этом внутрилежащем слое возникают растягивающие напряжения, а в поверхностном наклепанном — остаточные сжимающие напряжения, которые в несколько раз больше растягивающих напряжений внутреннего слоя.

Вследствие воздействия дроби на стальную деталь на поверхности стали образуются мелкие вмятины, делаая ее шероховатой. Эти вмятины (рис. 1) являются местами концентрации напряжений, которые могут понизить усталостную прочность и уничтожить эффект от действия остаточных сжимающих напряжений. Однако этого не происходит по двум причинам: во-первых, многочисленные вмятины на поверхности после дробеструйной обработки, расположенные вплотную одна к другой (рис. 2), равномерно и благоприятно распределяют напряжения между собой; концентрация напряжений при этом получается более низкой, чем в тех случаях, когда на поверхности стали имеется одна или несколько вмятин, расположенных на расстоянии друг от друга; во-вторых, поверхность вмятины под действием дроби

Дробеструйная обработка повышает усталостную прочность деталей, изготовленных не только из стали, но также из чугуна и цветных металлов (из бронзы, латуни, силумина, дуралюмина).

Дробеструйный наклеп является ценным дополнением к цементации, цианированию, закалке и к высокочастотной поверхностной закалке деталей, работающих при переменных нагрузках изгиба или кручения.

Поверхностный тонкий слой с пониженными напряжениями сжатия у деталей после цементации и закалки (рис. 2) не позволяет значительно повысить их усталостную прочность. Вредные остаточные растягивающие напряжения в результате шлифовки резко увеличиваются и достигают на поверхности цементованной и закаленной стали 175 кг/мм² (рис. 2), переходя на глубине 0,6 мм в напряжения сжатия.

Дальнейшая дробеструйная обработка таких деталей уменьшает растягивающие напряжения или переводит их в остаточные сжимающие, т. е. повышает их усталостную прочность.

После дробеструйной обработки деталей с прямоугольными или острыми выступающими краями в последних концентрируются напряжения, что может резко понизить усталостную прочность детали. Во избежание этого следует до обработки закруглить края.

Изменение остаточных напряжений сжатия, возникших вследствие дробеструйного наклепа в поверхностном слое деталей, при их работе в условиях переменных нагрузок высокого значения, представляет особый интерес, так как оно определяет собой условия сохранения полученного упрочнения при эксплуатации деталей.

Испытания, проведенные в Иллинойском университете [1], показывают, что после дробеструйной обработки однократное нагружение наклепанного образца выше предела текучести уже резко понижает остаточные сжимающие напряжения. Нагрузка ниже предела текучести влияет значительно меньше, и, например, при нагрузке наклепанного образца, вызывающей напряжение, равное $\frac{1}{3}$ предела текучести, даже после одного миллиона циклов, остаточные сжимающие напряжения почти не меняются.

В табл. 2 показано влияние величины и характера нагрузки на изменение остаточных сжимающих напряжений в наклепанных дробеструйной обработкой образцах.

Т а б л и ц а 2

Сталь наклепанных образцов	Характер нагрузки	Изменение остаточных сжимающих напряжений
Среднеуглеродистая	Знакопеременный изгиб, нагрузка до 0,02% остаточной деформации; 25 циклов	Понижение на 72%
	Знакопеременный изгиб, при напряжении, равном 62,5% от σ_s 1 млн. циклов	Понижение на 41%
Цементованная, закаленная и отпущенная	Знакопеременный изгиб при напряжении 28 кг/мм ² ; 1 млн. циклов	Нет заметного снижения
	Знакопеременный изгиб при напряжении 35 кг/мм ²	Усталостное разрушение образцов
	Изгиб при напряжении 87,5 кг/мм ² , 1 цикл	Нет заметного снижения

На рис. 3 представлены кривые усталости образцов стали 50 без наклепа и наклепанных дробеструйной обработкой; у вторых усталостная прочность повышенная. Влияние дробеструйного наклепа на усталостную прочность стали 50, выраженную числом циклов N до разрушения при данном напряжении σ_w приведено в табл. 3а, и величиной максимального напряжения при данном числе циклов N в табл. 3б. Из таблиц видно, что дробеструйный наклеп значительно повышает число циклов до разрушения и несколько меньше влияет на предел усталости.

Сравнительные результаты испытаний на усталость различных сталей после дробеструйного наклепа и без него приведены в табл. 4. Указанные здесь вели-

Таблица 3а

Сравнение числа циклов N при заданном напряжении σ_w

Напряжение изгиба $\pm\sigma_w$ кг/мм ²		42	38,5	35	31,5	26,5
Число циклов N до разрушения образцов	после дробеструйного наклепа	85 000	200 000	600 000	10 000 000	
	ненаклепанных	58 000	100 000	200 000	500 000	1 200 000
Увеличение числа циклов до разрушения у наклепанных образцов, %		46	100	200	Бесконечно больше	

Таблица 3б

Сравнение напряжений σ_w при заданном числе циклов N

Число циклов N при разрушении образцов		50 000	100 000	500 000	1 000 000	5 000 000	10 000 000
Максимальное напряжение изгиба $\pm\sigma_w$ кг/мм ² для образцов	после дробеструйного наклепа	44,45	41,3	35,7	33,95	32,9	32,9
	ненаклепанных	43,4	38,5	31,5	28,7	25,9	25,9
Увеличение напряжений при изгибе σ_w , у наклепанных образцов, %		2,3	6,9	13,0	18,8	27,0	27,0

чины предела усталости при $N = 10$ млн. циклов можно рассматривать как пределы усталости при бесконечно большом числе циклов.

Из табл. 4 видно эффективное влияние дробеструйного наклепа на различные стали и на повышение предела усталости, которое больше даже, чем у полированных ненаклепанных образцов (до 27% максимум). Это — очень важное обстоятельство, так как оно позволяет в отдельных случаях заменять дорогостоящую и трудоемкую операцию полировки дешевой и скоростной дробеструйной обработкой, повышающей в большей мере усталостную прочность. Предел усталости наклепанных образцов зависит также от размера дробин; например, для стали 1045 средняя дробь (NP—33) дала лучшие результаты, чем более крупная (NP—55) и более мелкая (NP—19).

Таким образом повышение предела усталости наклепанных образцов зависит значительной степени от размера дробин.

Основным при дробеструйном наклепе является его интенсивность, зависящая от материала, из которого изготовлена дробь, от ее размеров, скорости и направления струи дробин и от продолжительности выдержки детали под ее действием.

В настоящее время еще не существует расчетных данных для выбора этих факторов с целью получения наилучших результатов дробеструйного наклепа, и требуемая интенсивность наклепа устанавливается опытным путем.

Во избежание чрезмерного разрушения дробин при дробеструйной обработке материала, из которого она изготовляется, должен обеспечивать ее высокую твердость

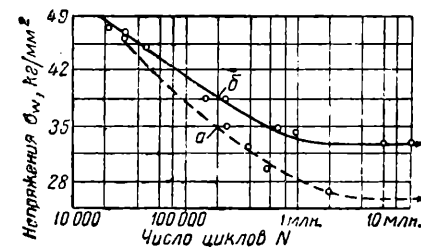


Рис. 3. Усталостная прочность образцов стали 50.

a — наклепанных; b — ненаклепанных.

бота износа режущего инструмента — это работа трения его о стружку и поверхность резания.

Проф. Беспрозванный считает, что «скорость резания оказывает весьма сильное влияние на коэффициент трения: увеличение скорости понижает коэффициент трения» [5]. С этим можно было бы согласиться, если бы при повышении скорости резания температура оставалась постоянной. Между тем, как показывают наблюдения, при повышении скорости резания температура контактного слоя стружки и резца быстро возрастает. С увеличением же температуры коэффициент трения согласно ряду исследований повышается [7]. Поэтому можно предполагать, что при резании вместе с его скоростью будет возрастать и коэффициент трения. Поставленные нами эксперименты подтвердили, что это действительно так (рис. 4), показано влияние скорости резания на коэффициент трения μ . Коэффициент трения с повышением скорости резания

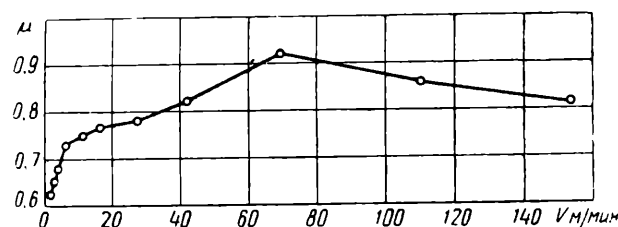


Рис. 4. Сталь твердостью 150 НВ.

Резец победит $\gamma = 15^\circ$, $a = 0.33$ мм. Свободное резание

сначала быстро и значительно возрастает, достигает максимума, затем медленно понижается. Это вызывается, по нашему мнению, повышением температуры с увеличением скорости резания.

В свете всего сказанного мы обосновываем расположение износа на гранях инструмента следующим образом.

При обработке вязкого металла с очень низкой скоростью резания при любой толщине стружки отсутствует нарост, работу резания производит режущая кромка инструмента, а передняя и задняя грани непосредственно соприкасаются со стружкой и с поверхностью резания. Температура резания низка, инструмент нагревается незначительно; он изнашивается чисто механически, без влияния нагрева.

Задняя грань на участке очень узкой полоски около режущей кромки находится под воздействием поверхности резания, довольно значительно наклепанной, идущей впереди резца, волной пластической деформации. На переднюю грань воздействует стекающая стружка. Сила на задней грани (нормальная к задней грани) обычно меньше силы нормальной к передней грани, особенно для острого лезвия и толстых стружек. По всей вероятности удельная сила на задней грани значительно больше, чем на передней, так как стружка на последней имеет с ней сравнительно большую поверхность соприкосновения, на задней же грани эта поверхность очень мала². Коэффициент трения имеет одинаковое значение, так как одинакова и температура на обеих гранях. Скорость трения на задней грани значительно выше, чем на передней ввиду усадки стружки. Все это приводит при очень низких скоростях к износу задней грани без заметного износа передней при любых толщинах стружки. При охлаждении процесс износа принципиально не изменяется.

Нарост, появляющийся в области низких скоростей (рис. 1), сначала будет иметь «неактивную» форму и плохо защищать заднюю грань (тем хуже, чем тоньше стружка). Поэтому при тонких стружках износ в основном будет протекать по задней грани. Однако он появится уже и на передней грани, так как с возрастанием скорости резания коэффи-

² Некоторые авторы пренебрегают в своих теоретических исследованиях силами на задней грани (Мерчант, Криштоф, проф. Кузнецов), что, по нашему мнению, недопустимо.

циент трения повысится и работа трения возрастет. Относительно повысится и скорость трения на передней грани, так как усадка стружки уменьшится. Следовательно, задняя грань окажется в относительно лучших условиях, а передняя—в худших, чем при очень низких скоростях.

При толстых стружках в этой же области скоростей нарост будет лучше защищать заднюю грань, и основной износ придется уже на переднюю грань за наростом. Если в этом случае применить охлаждение, то температура резания и коэффициент трения снизятся, и нарост исчезнет, или его защитная роль уменьшится и тем самым увеличится износ задней грани.

При переходе в область высоких скоростей нарост, приобретающий «активную» форму, хорошо защищает заднюю грань от износа; при толстых стружках без охлаждения будет изнашиваться лишь передняя грань. При тонких стружках износ будет и на задней грани, так как нарост в этом случае будет хуже защищать ее от износа, чем при толстых стружках.

Необходимо заметить, что и при износе только по передней грани в последние моменты работы инструмента все же будет изнашиваться задняя грань. Это объясняется следующим. Износ по передней грани происходит ввиду защиты наростом задней грани. Износ передней грани проявляется в образовании лунки за наростом, в месте сбегания стружки с нароста на переднюю грань. С течением времени лунка уширяется, приближается к режущей кромке и уменьшает величину нароста. Когда лунка приблизится к режущей кромке, нарост станет очень малым и не будет защищать заднюю грань, которая и начнет изнашиваться. В лунке нарост образовываться не будет, так как передний угол в лунке достигает величин, при которых нарост не образуется. Изменение переднего угла с развитием лунки хорошо иллюстрируется данными работы Поленова, Давыдова и Мартиросова [8].

Следовательно, износ задней грани начнется незадолго до момента затупления инструмента и не успеет развиться до значительной величины.

В области высоких скоростей (при приближении к очень высоким скоростям) нарост исчезает, и при толстой стружке наблюдается износ по передней грани, при тонкой — по задней. Объяснить это можно таким образом: нароста здесь нет, нет и опережающей трещины; и передняя, и задняя грани находятся под воздействием стружки и поверхности резания так же, как и при очень низких скоростях. Однако на передней грани в этом случае температура резания значительно выше, чем на задней грани, а поэтому и намного больше коэффициент трения. Высокая температура вместе с повышенным коэффициентом трения ускоряют износ передней грани. При тонких стружках разница в температурах на передней и задней гранях будет не столь велика, так как центр давления стружки на переднюю грань будет расположен ближе к лезвию, чем при толстых стружках. Кроме того, удельное давление на передней грани при тонкой стружке меньше, чем при толстой, о чем можно заключить при ширине лунки в том и другом случаях.

В области очень высоких скоростей и при тонкой стружке износ в основном идет по передней грани, так как здесь, в результате очень высоких скоростей резания, температура становится значительно выше температуры на задней грани. Последняя температура с повышением скорости резания должна подниматься медленнее, чем температура на передней грани. Таким образом и здесь на переднюю грань воздействуют высокие коэффициент трения и температура.

При прерывистом резании, если перерывы следуют достаточно часто, влияние их будет сказываться в снижении температуры резания, в уменьшении активности нароста. Таким образом, это влияние должно проявляться в увеличении удельного веса, износа задней грани. Осо-

Зависимость $V = \frac{A}{T^m}$ найдена испытанием стойкости резцов. Критерий затупления при этом был взят тот же, что и при определении их оптимальной геометрии. На рис. 6 дан график зависимости износа задней грани резца от времени его работы, а на рис. 7 — результирующий график $V - T$. При $t = 1,0$ мм и $s = 0,22$ мм/об, уравнение принимает вид

$$V = \frac{1225}{T^{0,47}}.$$

Далее с применением метода Гаусса найдено уравнение общего вида зависимости скорости резания от t и s

$$V_{30} = \frac{245,5}{t^{0,64} s^{0,03}}.$$

Аналогично изучалась обрабатываемость фенольно-формальдегидной смолы поволачного типа К-18-2. Образцы материала имели форму труб, которые при обработке насаживались на описанную выше оправку.

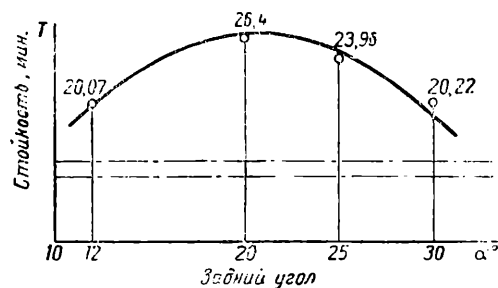


Рис. 3

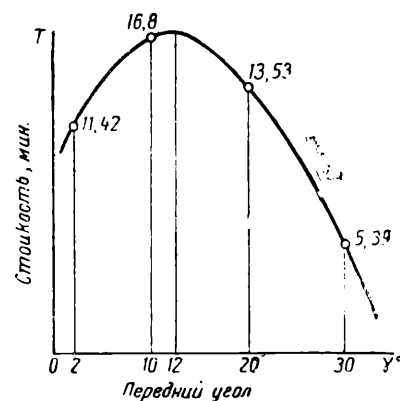


Рис. 4

Предварительными опытами было установлено, что при затуплении резца по задней грани $\mu > 0,25$ мм, чистота обработанной поверхности фенопласта К-18-2 резко ухудшается. Поверхность становится шероховатой с большим количеством язвин, которые появляются вследствие вырыва резцом частиц материала и по свое-

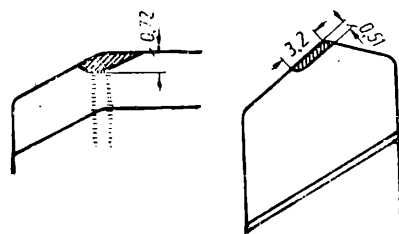


Рис. 5

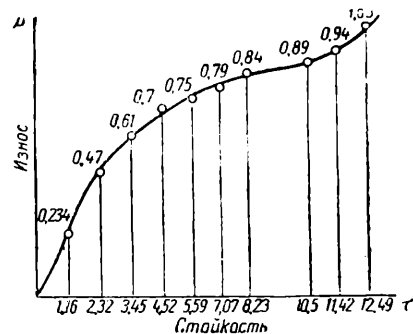


Рис. 6

му характеру напоминают усадочные раковины чугуновой отливки. По тому за критерий затупления резца при опытах по обрабатываемости К-18-2 принят износ его по задней грани $\mu = 0,25$ мм.

При обработке фенопласта К-18-2 резец изнашивается чрезвычайно сильно. Обработку К-18-2 следует производить лишь резцами с пластинками твердых сплавов ВК8. Однако и эти резцы требуют значительно более низких скоростей, чем резцы РФ1 при обработке текстолита.

Оптимальная геометрия резцов с пластинками ВК8 при обработке К-18-2 определена по интенсивности износа задней грани резцов. Были проведены две серии опытов. Результаты первой серии опытов приведены на рис. 8, второй — на рис. 9.

На рис. 10 приведен график износа резца по задней грани в зависимости от времени его работы, на рис. 11 дана схема износа резца ВК8 при обработке К-18-2.

Основные стойкостные испытания позволили построить результирующий график $V - T$ (рис. 12) и дать основное уравнение

$$V = \frac{A}{T^m}.$$

Для режима $t \times s = 1,0 \times 0,22$ это уравнение имеет вид

$$V = \frac{535}{T^{0,81}}.$$

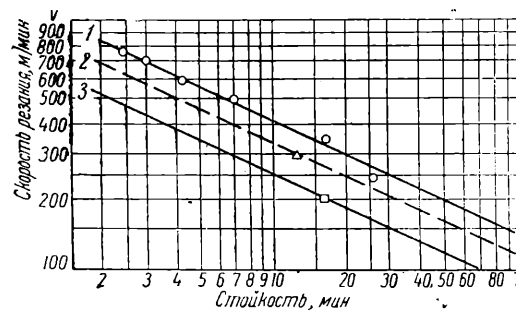


Рис. 7. Текстолит.

Резец РФ1; $\alpha = 20^\circ$; $\gamma = 12^\circ$. I — $t \times s = 1,0 \times 0,22$ мм/об;
II — $t \times s = 1,5 \times 0,3$; III — $t \times s = 2,0 \times 0,5$

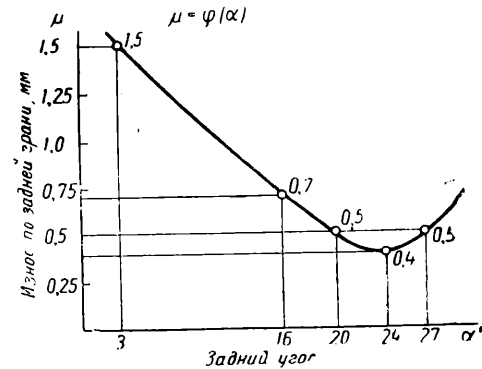


Рис. 8

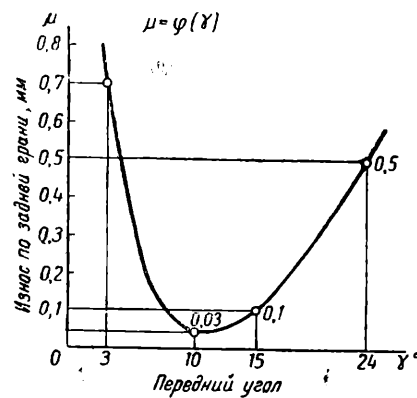


Рис. 9

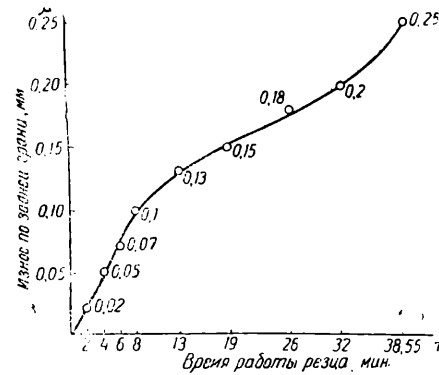


Рис. 10

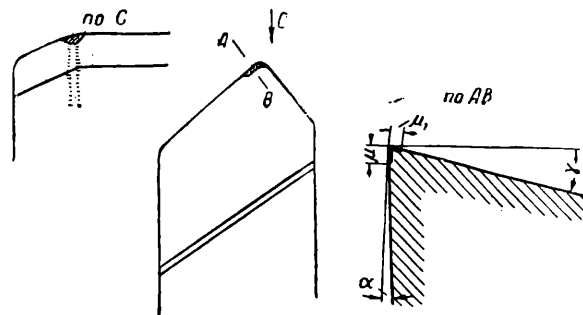


Рис. 11

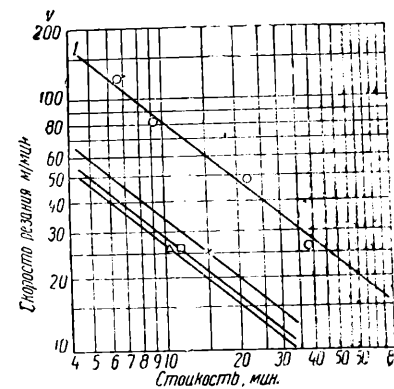


Рис. 12.

К-18-2—фенопласт с древесным наполнителем. Резец ВК8; $\alpha = 24^\circ$; $\gamma = 10^\circ$
I — $t \times s = 1,0 \times 0,22$

времени формовщика; применяя для этой цели простое пневматическое устройство, можно значительно сократить ручное время, освободить формовщика от тяжелого труда и в результате содействовать повышению производительности на данной формовочной операции.

Еще пример. Чтобы избежать зависания земли в расходных бункерах, на них надевают небольшие вибраторы, сходные с установленными на формовочных станках. При открывании бункера вибратор автоматически приходит в действие. Благодаря такой простой механизации среднее время наполнения опоки землей может быть сокращено почти вдвое.

Совершенствование механизации может идти также за счет дифференциации отдельных операций на их составляющие.

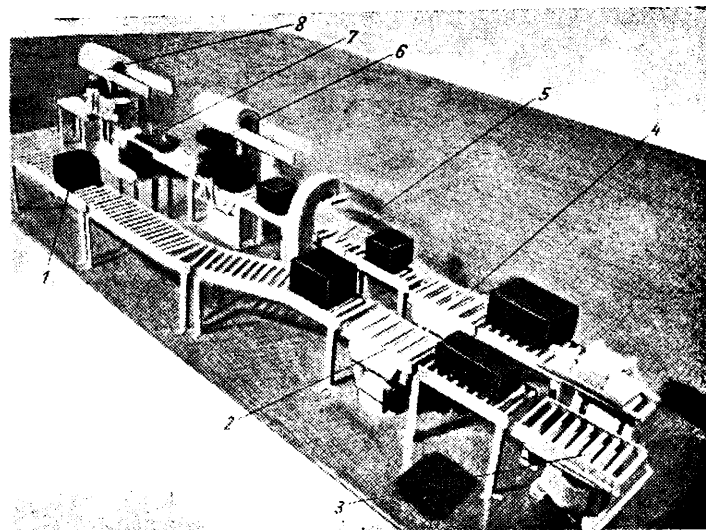


Рис. 7. Линия для изготовления безопочных форм.

Последовательность приемов: 1 — сборка модельной плиты и съемных опок; 2 — уплотнение встряхиванием нижней опоки; 3 — форма с наложенной подопочной плитой механически переворачивается; 4 — уплотнение верхней опоки; 5 — подпрессовка; 6 — разъем формы и удаление модельной плиты, осуществляемые механически на протяжном станке со специальным устройством; 7 — установка стержней в нижнюю полуформу, находящуюся на рольганге, в то время как верхняя перекачивается в следующее положение по подвесным направляющим; 8 — сборка формы и механическое удаление опоки.

В качестве примера может служить линия для изготовления безопочных форм, изображенная на рис. 7.

Производительность такой линии достигает 6 форм в минуту, а смена модельных плит неспособна резко сказаться на темпе.

В первую очередь должны быть автоматизированы те технологические процессы, которые не связаны непосредственно с характерными особенностями отдельных деталей, а именно — плавка, приготовление и подача формовочных составов, заливка и т. д.

В качестве примера одного из новейших устройств, предназначенных для автоматической заливки форм на конвейере, на рис. 8 приведена схема, а на рис. 9 и 10 — внешний вид установки, обеспечивающей заливку 370 форм, общей металлоемкостью 11 т. Вся установка, действие которой ясно из приведенной схемы, обслуживается одним человеком.

Кроме того, значительные перспективы в области автоматизации имеет литье в постоянные формы.

Особое внимание советских литейщиков в новой пятилетке должно быть направлено на ликвидацию потерь.

Прежде всего должен быть максимально снижен брак литья, который в ряде литейных производств продолжает оставаться недопустимо

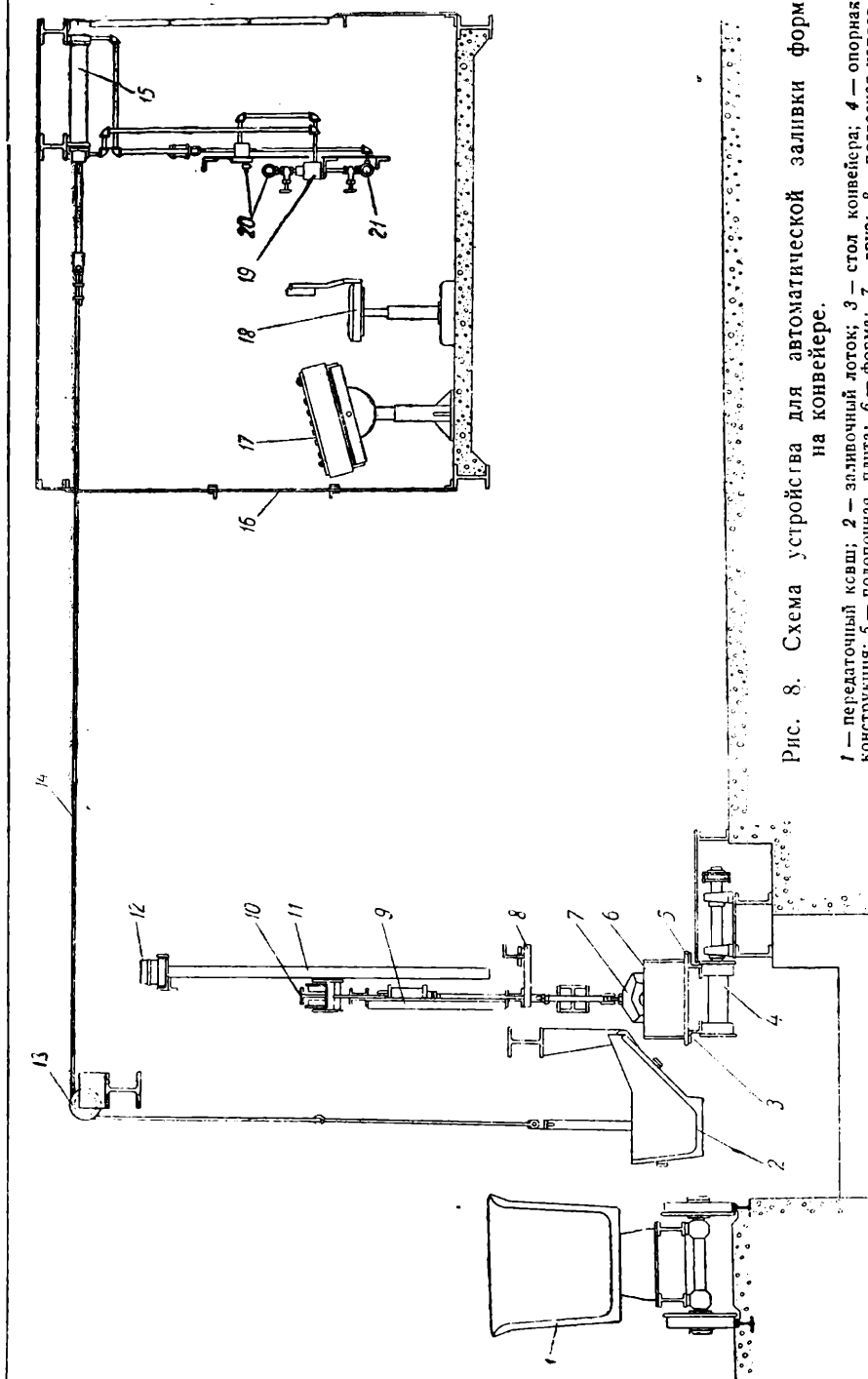


Рис. 8. Схема устройства для автоматической заливки форм на конвейере.

1 — передаточный квш; 2 — заливочный лоток; 3 — стол конвейера; 4 — опорная конструкция; 5 — подопочная плита; 6 — форма; 7 — груз; 8 — подвесная направляющая для грузов; 9 — подъемник для грузов; 10 — монорельс; 11 — трубка; 12 — фотоэлемент; 13 — блок; 14 — трос; 15 — гидравлический цилиндр; 16 — смотровое окно; 17 — пульт управления; 18 — место оператора; 19 — 4-ходовой клапан; 20 — регулятор скорости поворота лотка; 21 — выпускное отверстие

рис. 7 показана форма литейной ложки, которую можно рекомендовать для применения в литье под давлением.

Малый диаметр «зева» ложки и большая ее высота уменьшают окисление металла с поверхности.

Газовые обогреватели для ложки. Для запрессовки и удаления готовой детали из прессформы и подготовки последней к последующему

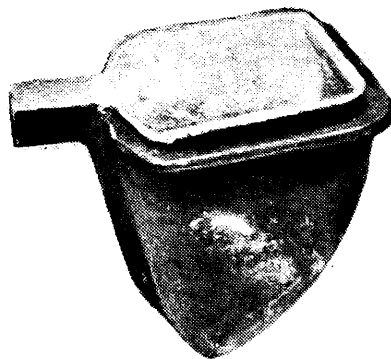


Рис. 6. Тигель электроподогревательной печи

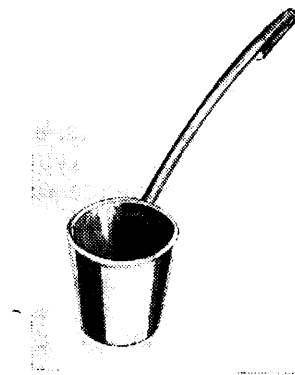


Рис. 7. Ложка для заливки металла в прессформу

циклу разные формы требуют различного времени. Оно во многом зависит от сложности отливаемой детали, степени механизации пресс-

формы, отливаемого сплава, количества гнезд в прессформе и других причин и в среднем составляет от 30 сек. до 2—3 мин. Понятно, что литейная ложка успеет за это время настолько остыть, что, будучи затем погружена в металл, усиленно облипает последним и вокруг нее образуется металлическая корка. Чтобы этого не происходило, литейную ложку, пока ею не пользуются, помещают обычно в расплавленный металл. Выше было уже сказано, сколь вредно для сплава держать ложку в тигле раздаточной печи. Поэтому, применяя поворотные раздаточные печи, необходимо пользоваться специальными электрическими или газовыми обогревателями литейных ложек. Такой газовый обогреватель показан на рис. 8; он устанавливается рядом с подогревательной раздаточной печью. Корпус обогревателя сварен из листовой стали, выложен изнутри керамическими плитами или огнеупорным кирпичом. В задней стенке обогревателя находится отверстие для трубы газопровода, укрепленной снаружи посредством специальной стойки. Газовая горелка представляет собой кольцеобразно изогнутую трубу, расположенную в ме-

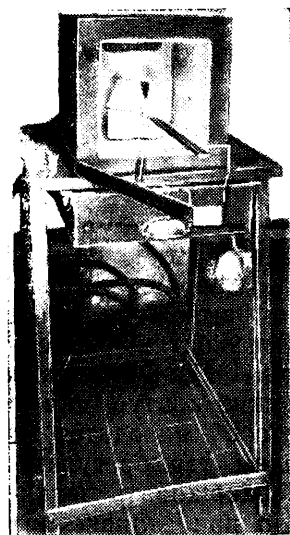


Рис. 8. Газовая печь для подогревания разливочной ложки

сте литейной ложки и закрепленную у верхней задней стенки обогревателя. Таким образом отверстия для газа находятся сверху и соответственно направляется пламя. Газ и воздух подводят к обогревателю резиновым шлангом. Для поддержания подогреваемой литейной ложки в необходимом положении служит железная рамка. Обогреватель установлен на сварном столике из углового железа и может быть легко перенесен в нужное место.

Новости сварочной техники за рубежом

(Обзор по иностранной литературе)

Канд. техн. наук А. С. ГЕЛЬМАН

В США и Канаде начали применять цельносварные паровозные котлы [1, 2]. Первый такой котел, построенный в виде опыта в 1938 г. для Гудзонской ж. д. (США), успешно эксплуатируется более 8 лет. В настоящее время два цельносварных котла построены для Канады и около 20 котлов изготавливаются для железных дорог США.

Котлы, построенные для Канадской Тихоокеанской ж. д., имеют следующие параметры: давление пара около 17 ат; коэффициент прочности шва 0,9; запас прочности 5; барабан состоит из трех обечаек, сваренных встык; дымовая коробка приклепана к барабану; стык барабана с топкой — сварной. Материал котла — углеродистая сталь марки ASTM-201-A; внутренние части топки изготовлены из мягкой топочной стали. Большинство стыковых швов на барабане, и продольных, и кольцевых, выполнены автоматической сваркой с двух сторон. При сборке таких швов допуск на зазор установлен в $\pm 0,4$ мм. В связи с этим кромки кольцевого стыка, обработанные предварительно на кромкострогальном станке, после сварки продольного стыка обечайки торцуются на специальном шлифовальном станке (рис. 1). Вся автоматическая сварка производится небольшими переносными «тракторами». Для вращения отдельных узлов и всего собранного котла используется роликовая опора с моторным приводом (рис. 2); при этом к концу котла, обращенному к топке, крепится специальный диск, также вращающийся на опоре. На рис. 3 показана автоматическая сварка кольцевого шва между первой и второй обечайками; торец обечайки укреплен в особом жестком кольце. Изнутри кольцевые и продольные швы свариваются «трактором».

Все основные швы просвечивались рентгеновскими лучами посредством передвижной установки на специальной тележке. После сварки котел подвергался высокому отпуску при 635° в печи с подвижным подом; при этом температура подни-

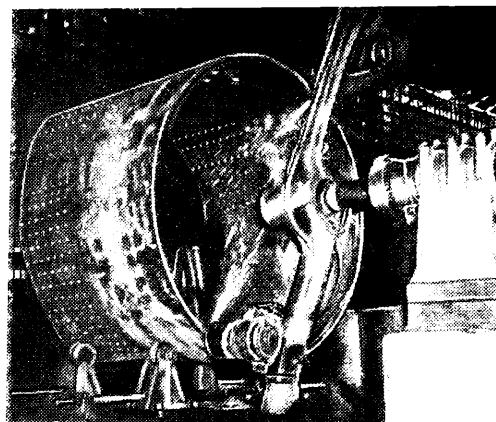


Рис. 1. Шлифование кромки листа под автоматическую сварку перед сборкой котла

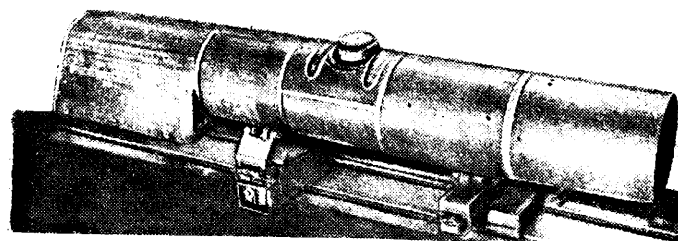


Рис. 2. Котел, установленный на роликовой опоре для автоматической сварки

жалась каждый час примерно на 55° и поддерживалась на максимальном уровне 2,5 часа; охлаждение до 100° проходило с такой же скоростью, а в дальнейшем шло на воздухе. После термической обработки котел подвергался испытанию гидравлическим давлением около 25 ат, причем обстукивались все швы в элементах, не укрепленных связями. В заключение котел проходил нормальные горячие испытания.

Предполагается, что котлы, изготовленные сварным способом, будут иметь следующие преимущества перед обычными: 1) отсутствие трещин вследствие интер-

набок поршня и удерживаются на определенной высоте с помощью гребенки 4, образуя небольшой зазор (0,3—0,4 мм) с торцевыми поверхностями канавок. Одновременно с этим поршень оказывается зажатым в семи своих сечениях между опорными плоскостями наконечников 1 и 2 измерительных головок соответственных плавающих скоб.

Спиральные пружины 5, повертывая скобы в направлении стрелки А, прижимают каждую опорную плоскость к поверхности поршня. При повороте до отказа рукоятки 6 в направлении стрелки Б одновременно происходит следующее:

1) опускается гребенка 4 на величину, достаточную для прижима измерительных шпинделей шести высотных головок к торцевым поверхностям поршня;

2) опускается прижимная скоба 7, которая надавливает на поршень сверху и тем самым прижимает его к нижней опорной плоскости; эта плоскость служит базой, от которой берутся все контролируемые размеры;

3) вводится в действие электрическая часть прибора, управляющая включением сигнальных ламп.

Электросхема питается через трансформатор, первичная обмотка которого получает напряжение от сети переменного тока. Вторая обмотка на 100 в предназначена для питания сигнальных неоновых ламп (типа МН-3). Для включения в сеть прибор снабжен шнуром со штепсельной вилкой.

Электроконтактные головки настраиваются на необходимые контролируемые пределы по эталонам.

Производственная эксплуатация прибора П-1 на заводах Министерства транспортного машиностроения показала, что он работает с погрешностью, не превышающей 2,5 м и в 15—16 раз сокращает время по сравнению с временем, необходимым на тот же контроль при ручном способе с применением скоб. Кроме того, он гарантирует полную объективность контроля.

ПОПРАВКА

По просьбе автора в статью инж. С. Н. Горбунова, напечатанную в № 9 ж. «Вестник машиностроения» за 1947 г., вносится следующая поправка:

На стр. 58, правая колонка, первая строка сверху напечатано: равный 12 мм, следует читать: равный ± 2 мм.

Пути внедрения автоматической сварки в промышленность

За годы войны сварка как одна из новых, передовых областей металлообработки достигла большой степени совершенства. Среди других сварочных процессов в новой Сталинской пятилетке ведущее место, несомненно, будет принадлежать дуговой электрической сварке. Наряду с этим основным приемом дуговой сварки при изготовлении ответственных конструкций должна быть автоматическая сварка под слоем флюса, отличающаяся большой эффективностью и обеспечивающая высокие механические свойства сварного шва. В послевоенной пятилетке этот метод будет определять техническую политику в области электродуговой сварки.

Как у нас, так и за границей процессы сварки широко автоматизируются и механизуются. Так например, в США довольно широко распространены автоматические установки для сварки открытой дугой металлическими, угольными и вольфрамовыми электродами (последние употребляются для сварки в атмосфере водорода и инертных газов — гелия и аргона). Наибольшее применение в США получила автоматическая сварка под слоем флюса. Она используется в судостроении, транспортном машиностроении, котло- и резервуаростроении, танкостроении, производстве вооружения, сварке трубопроводов, нефтеперегонной аппаратуры и пр. Служащие для этих целей автоматические сварочные установки работают при силе сварочного тока до 4000 а. Они позволяют вести однослойную сварку стык листов толщиной до 50 мм¹.

В нашей промышленности автоматическая сварка под слоем флюса также получила широкое развитие, особенно в годы войны, благодаря плодотворным работам Института Электросварки АН УССР, руководимого акад. Е. О. Патonom. Автоматическая сварка под слоем флюса дает возможность при средних толщинах металла достигнуть производительности до 50 м/час. При сварке конструкционной стали этим методом удастся получить ударную вязкость наплавленного металла 12—15 кгм/см², предел прочности 42—48 кг/мм², предел усталости 19—21 кг/мм².

¹ См. Welding Handbook USA, 1942, «Welding Journal», 1940, II; Г. А. Николаев, Развитие электросварки в ближайшие годы, изд. АН СССР, 1946, стр. 9.

Значительный вклад в развитие автоматической сварки под слоем флюса сделан также отделом сварки ЦНИИТМАШ, изучающим этот процесс в течение нескольких лет. В частности, в ЦНИИТМАШ создан ряд конструкций оборудования для автоматической сварки под слоем флюса; к ним относятся: упрощенная сварочная головка, сварочный трактор, аппарат для обварки связей паровых котлов, сварочная головка тяжелого типа и др. Ведутся работы по дальнейшему применению этого метода для сварки металла малых толщин (1—2 мм), по конструированию универсального трактора для сварки стыковых и валиковых швов с диаметром сварочной проволоки до 8 мм, по созданию полуавтоматических установок для сварки внутри сосудов, криволинейных швов, сварки в малодоступных местах и пр.

Однако несмотря на все преимущества автоматической сварки под слоем флюса и достигнутые в этой области успехи наших ведущих научно-исследовательских институтов и отдельных заводов, автоматическая сварка занимает в общем объеме продукции еще сравнительно небольшое место. Оно совершенно недостаточно внедряется, например, в строительство мостов, в производство котлов, резервуаров и т. п.

В ближайшие 1,5—2 года необходимо перевести на автоматический метод при изготовлении пролетных строений мостов до 90% общего объема сварочных работ, при изготовлении паровозных котлов до 80%, паровых котлов до 50%, цистерн, шахтных вагонеток до 60%, строительных металлоконструкций до 25%, нефтяной и химической аппаратуры до 40%, морских судов до 15%.

Для этого потребуется дополнительно ввести в эксплуатацию в 1947 и 1948 гг. не менее 700 электросварочных автоматов под слоем флюса. Заводы электропромышленности («Электрик» и др.) должны срочно организовать серийное производство в достаточных размерах новых усовершенствованных автоматических головок конструкции Института Электросварки АН УССР вместе с пусковой аппаратурой и сварочных трансформаторов на силу тока 1000 а с дистанционным управлением.

На многих заводах — судостроительных, тяжелого машиностроения и др., должно быть организовано производство головок и сварочных трансформаторов соответствующ-

Таблица 1

Наименование показателей	Карманный котел		Транспортный котел		Котел КРШ		Котел Шухова-Берлина	
	всего	на 1 т пара в час	всего	на 1 т пара в час	всего	на 1 т пара в час	всего	на 1 т пара в час
Объем котла, м ³	48,0	12,5	85,0	29,0	94,0	24,0	157,0	44,0
Объем обмуровки, м ³	29,0	8,0	70,0	23,0	80,0	21,0	115,0	31,0
Поверхность кладки, м ²	60,0	17,0	115,0	38,0	125,0	31,0	250,0	70,0
Объем котельн. здания, м ³	180,0	50,0	400,0	130,0	500,0	125,0	800,0	225,0
Вес металла, т	5,4	1,35	9,0	3,0	12,0	3,0	17,0	4,85
К. п. д. на бурых углях, %	—	81	—	65	—	60	—	50
Водяной объем, м ³	—	1,4	—	1,5	—	1,5	—	1,0
Зеркала испарения, м ²	—	1,50	—	1,5	—	1,5	—	0,62

Таблица 2

Наименование показателей	№ испытания			Проектные данные
	1	2	3	
Давление пара, ат	7,4	7,5	6,5	12,0
Низшая теплотворная способность топлива, кал/кг	2261	2168	2468	2760
Количество сожженного топлива, кг/час	1070	1140	1250	1090
Часовая паропроизводительность котла, кг/час	3500	3350	4400	3600
Паронапряжение котла, кг/м ²	49,0	46,5	61,0	42,1
Содержание в газах, %:				
CO ₂	12,1	13,6	13,6	—
CO ₂ +O ₂	19,5	19,4	18,9	—
CO	0,22	0,143	0,74	—
Температура за котлом, °С	360	375	369	360
Разрежение за котлом, мм вод. ст.	14,7	16,1	16,1	16,1
Давление воздуха под колосниковой решеткой, мм вод. ст.	34,5	30,0	30,0	80,0
Избыток воздуха за котлом, α _k	1,5	1,33	1,29	1,45
Потери тепла с уходящими газами, %	21,2	21,2	22,2	20,0
Потери от химической неполноты горения, %	1,04	0,62	2,85	2,0
Потери от механического провала, %	7,5	10,8	4,2	8,0
Потери во внешнюю среду, %	2,0	2,0	2,0	2,0
Тепло, использованное котлом, %	67,67	65,38	67,5	68,0
К. п. д. котла, %	67,61	65,38	67,5	68,0
К. п. д. котла при включении экономайзеров, %	82,4	83,1	80,0	81,0

Обмуровка котла делается из стандартного кирпича. Экран и верхние конвективные секции имеют самостоятельные циркуляционные контуры. Контур экрана замкнут через опускные трубы, идущие из верхнего барабана в нижний барабан. В верхние конвективные секции вода подается по опускной трубе в заднюю коробку. Нижняя секция получает воду из нижнего барабана в заднюю коробку.

Котел оборудован ручной стандартной топкой для работы на разных топливах. Конструкция котла позволяет компоновать его с полумеханическими и механическими топками разных типов. Мощность котла может составлять от 2 до 10 т пара в

час в зависимости от количества секций в карманах.

В табл. 1 приведены сравнительные технико-экономические показатели котлов малой мощности, в табл. 2 — данные, полученные при испытании на фабрике им. Бабаева котла, имевшего поверхность нагрева 75 м², поверхность колосниковой решетки — 3,8 м², объем топочного пространства — 14 м³.

Котел все время питался конденсатом с добавлением сырой воды в среднем 40%.

Внешняя очистка конвективных труб может производиться через обдувочные люки, помещенные у головок конвективных

секций, а внутренняя очистка — при открытых крышках коробок; наружная сторона экранов труб очищается из топки метлой.

Скорость газов в боковых карманах при входе — 11 м/сек, при выходе — 6 м/сек. Температура газов, поступающих в боковые карманы, при работе на подмосковном угле — 950°.

За время работы котла — около 5000 час. — конвективные секции ни разу не чистились и не обдувались. Однако засорения их не наблюдалось, что объясняется большими скоростями газов в боковых карманах и вторичным дутьем вверх вдоль внутренней стенки топки от общего дутьевого вентилятора.

П. К.

Публикация изобретений¹

К. П. ЛЕОНОВ. *Штамп для глубокой вытяжки полых металлических предметов* (авт. свид. № 68296, выд. Министерством сельхозмашиностроения).

Отличительная особенность изобретения, являющегося развитием изобретения по авт. свид. 53994, состоит в том, что для использования стаканообразных заготовок с цилиндрической боковой стенкой при высаживании дна в обратном направлении на матрицу надет кольцевой пуансон, упирающийся в открытый торец заготовки. Для устранения выпучивания стенки заготовки она охвачена втулкой, являющейся частью штампа.

Л. Л. ТИР. *Способ нагрева металлических изделий в электрической соляной ванне* (авт. свид. № 68383, выд. Министерством электропромышленности).

Изобретение преследует цель ускорить нагрев изделий в соляных электрических ваннах посредством увеличения количества тепла, которое воспринимается поверхностью нагреваемого изделия в единицу времени. Для этого предлагается один полюс источника тока, питающего ванну, соединить с изделием до ввода последнего в ванну. Цель — усилить при нагреве выделение джоулева тепла у поверхности изделия за счет повышенного сопротивления слоя соли вокруг поверхности изделия при погружении его в ванну.

Л. Л. ТИР. *Соляная электропечь* (авт. свид. № 68221, выд. Министерством электропромышленности).

В предлагаемой печи зоны протекания электрического тока через соль отделены друг от друга решетками, снабженными проемами для круговой циркуляции жидкой соли из зоны в зону.

Н. А. ЧЕРНОВ. *Аппарат для получения ацетилена из карбида* (авт. свид. № 68223, выд. Министерством строительства военных и военно-морских предприятий).

Предлагаемый аппарат состоит из закрытого резервуара для воды и расположенной в нижней его части камеры (или

камер) для сменных приемчиков с карбидом, снабженной трубками для ввода воды и отвода газа. Отличительная особенность аппарата заключается в том, что для регулирования подачи воды внутри водяного резервуара вмонтирована открытая снизу трубка, присоединенная верхним концом к редуктору, а ниже рабочего уровня воды — к карбидным камерам, при помощи трубок с кранами.

М. М. ЛЕВИН и С. Б. ЮДИН. *Центробежная карусельная машина для литья* (авт. свид. № 68373, выд. Министерством тяжелого машиностроения).

Предлагаемая центробежная машина предназначена для отливки кокилей, форм штампов и других изделий с точными и сложными очертаниями в формы, состоящие из подвижной и неподвижной половин.

Отличие предлагаемой машины заключается в том, что подвижная половина формы автоматически прижимается к неподвижной при разгоне машины и отходит от неподвижной при остановке машины.

А. Е. АФАНАСЬЕВ. *Ковш для разливки металла* (авт. свид. № 68282, выд. Министерством авиационной промышленности).

Ковш снабжен известным устройством внутреннего сифонного канала с той особенностью, что нижнее отверстие последнего перекрывается фильтром, который задерживает все загрязнения металла, обеспечивая питание форм чистым металлом.

И. В. КЛИМОВ. *Цилиндрический уравновешенный золотник для молотов* (авт. свид. № 68393, выд. Министерством станкостроения).

Предлагаемый золотник является экспериментальным для настройки работы паровоздушных молотов.

Конструкция золотника позволяет менять длину его и расстояние отсекаемых кромок от среднего положения посредством насадок, образующих полки золотника. По снятии с молота этим золотником индикаторных диаграмм можно опытным путем установить наиболее выгодные размеры золотника для молота и составить инструкцию по его наладке.

¹ Извлечение из «Бюллетеня изобретений» Бюро изобретений Госплана Совета Министров СССР, № 4, 1947.

Результаты подсчетов углов среза на конус витков гайки с метрической резьбой, согласно выведенным формулам, графически изображены на рис. 5.

Из графика видно, что для равномерности распределения нагрузки углы среза витков в гайке достигают значительной величины и представляют ряд переходных конусов, соответствующих числу витков.

При наличии одного конуса угол среза витков может быть

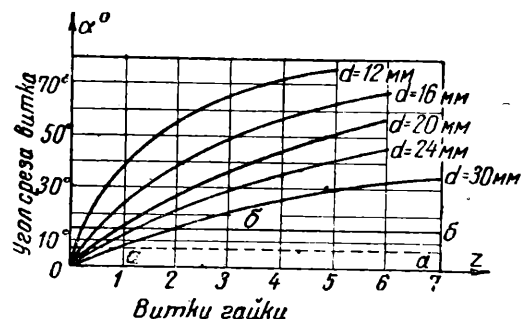


Рис. 5

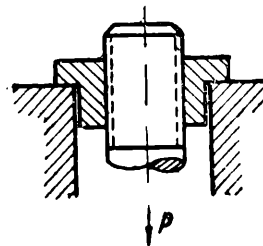


Рис. 6

допущен до $5-8^\circ$. Их среднее значение показано в виде прямой $a-a$. Учитывая, что в гайках с метрической резьбой наиболее нагружены первые два или три витка от торца, то их для разгрузки можно срезать на конус. При этом допустимый угол среза, исходя из наиболее ходовых размеров гаек находится в пределах $11-19^\circ$. Среднее значение показано прямой $b-b$.

б) Болт и гайка подвергаются растяжению (рис. 6). Этому виду соединения соответствует схема (рис. 4), когда левый стержень неподвижно закреплен в точке H . Условие неразрывности деформации крайних выступов, исходя из ранее принятых положений, представится, как

$$y_1 - y_2 = \Delta_1 - \Delta'_1 \quad (10)$$

или

$$\frac{N}{G} \cdot \frac{t_1 - t_2}{F} = T \left(\frac{S}{F'E} - \frac{S}{F'_1 E_1} \right) = T m_1. \quad (11)$$

Тогда угол среза n -го выступа (крайнего) будет

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{z_n m_1 F G}{S}. \quad (12)$$

Произведенные подсчеты дают большие значения углов среза витков на конус, однако они меньше, чем у гаек, работающих на сжатие.

Изменение формы гайки

Предыдущие выводы, сделанные относительно среза витков гайки на конус, применимы и для гайки с нормальной нарезкой, у которой форма (наружная поверхность) будет изменяться по такому же закону, как и углы среза. Но так как наиболее нагруженными витками являются первые, считая от торца, и по мере удаления нагрузка уменьшается, то величина площадей изменяется в обратном отношении. В этом нетрудно убедиться рассуждая так: равномерное распределение нагрузки между витками гайки можно получить в том случае, когда отношение $\frac{m}{k}$ стремится к нулю. При этом следует, что площадь F'_1 поперечного сечения гайки должна увеличиваться, площадь F_1 сечения ее витков остается постоянной величиной.

Выше было установлено, что перераспределения нагрузки по виткам гайки можно достигнуть, изменяя площадь ее поперечного сечения по высоте. Устройство кольцевой выточки в торце, благодаря которой сечение гайки уменьшается и податливость увеличивается, вызовет разгрузку нижних витков и догрузку верхних. Размеры выточки определяются по следующим соображениям. Высота ее h (рис. 2, а и б), как минимум, должна быть принята равной высоте $2\div 3$ наиболее нагруженных витков (соответствующих ходовым размерам гаек). Это составляет примерно $0,3\div 0,5 H$ — высоты гайки. Минимальная ширина выточки диктуется удобствами технологического процесса массового изготовления гаек. Форма кольцевой выточки — прямоугольная и трапецевидная.

Из всего сказанного можно сделать следующие заключения:

1. Введение в конструкцию гайки дополнительных элементов безусловно улучшает распределение давлений по виткам. При этом следует предпочесть, как более простой, срез витков на конус.

2. Углы среза витков на конус в гайках обоих типов — величины переменные (для одного размера) и большие, особенно у гайки, работающей на сжатие.

3. Полное разрешение вопроса о равномерном распределении давления по виткам гайки, с применением рассмотренных мероприятий, не представляется возможным.

4. Срез витков в гайке следует выполнять в виде переходных конусов с максимальным углом наклона образующих (рис. 7). Наиболее равномерное распределение нагрузки по виткам, срезанным на конус, можно получить у гаек с диаметром резьбы свыше 30 мм.

5. Простейшие формы гаек — конические и ступенчатые, улучшают распределение давлений по виткам.

6. Гайки с кольцевыми выточками в торце, хотя и сложнее в изготовлении, чем со срезом витков на конус, однако также заслуживают внимания. Трапецевидная форма выточки проще для производства, чем прямоугольная, и дает лучшее распределение нагрузки.

7. Отличительной особенностью всякого кольца перед опертым является соответствующий допуск в его основании (у торца), что делает мероприятие более рациональным.

8. Существующая корончатая гайка, обращенная разрезами вниз, улучшает распределение нагрузки по виткам.

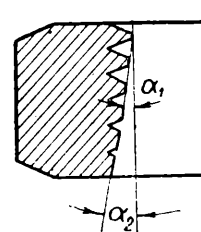


Рис. 7

ИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

К вопросу о браковке изношенных стальных канатов

Канд. техн. наук Д. Г. ЖИТКОВ, инж. Н. Н. НЕКРАСОВ
и инж. И. Т. ПОСПЕХОВ

Вопрос о том, при каких внешних признаках износа стальной канат, используемый в качестве грузового на подъемном устройстве (кране, лифте и т. п.), должен быть изъят из эксплуатации как опасный, до настоящего времени в полной мере еще не разрешен. Причиной этого

в основном следует считать сложность физических явлений, происходящих в стальном канате и не поддающихся исчерпывающему экспериментальному изучению.

Основной задачей работы, проведенной авторами в 1944 — 1946 гг. на Центральной испытательной станции Главной госу-