

ВЕСТНИК МАШИНОСТРОЕНИЯ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

1947 г. август

Год издания XXVII

№ 8

КОНСТРУИРОВАНИЕ

Задачи советского компрессоростроения в послевоенной пятилетке¹

Инж. В. А. РУМЯНЦЕВ

Применение сжатого воздуха и сжатых газов в современной технике непрерывно расширяется. Отдельные отрасли народного хозяйства в новой пятилетке нуждаются в самых разнообразных компрессорах — по давлению до 1000 ат и выше, по производительности от самых мелких в несколько кубометров в час, до очень крупных, рассчитанных на сотни тысяч кубометров в час.

В компрессоростроении различают три группы машин: поршневые, ротационные и центробежные. Каждая из них имеет свою область применения. Области применения поршневых и турбокомпрессоров показаны на диаграмме Гинца (рис. 1), а ротационных и поршневых компрессоров — диаграммой Клюге (рис. 2). На практике, однако, очень трудно очертить границы применения разных видов компрессорных машин. Они зависят от многих экономических и технологических факторов. Все же можно считать, что замена одного вида другим в большинстве случаев невозможна без экономического ущерба.

Для полного удовлетворения требований, обусловленных восстановлением и развитием народного хозяйства в новой пятилетке советское компрессоростроение должно выпускать машины всех перечисленных трех групп. Следует сказать, что наше компрессоростроение, к сожалению, является незаслуженно отсталым участком и перед этой отраслью стоит задача не только восстановить положение, существовавшее до войны, но и достигнуть общего уровня советского машиностроения.

Основным, наиболее многочисленным классом компрессорных машин являются поршневые компрессоры. Они имеют удобную для эксплуатации характеристику, широкие пределы производительности и дав-

¹ Статья инж. В. А. Румянцев, затрагивающая ряд важнейших задач советского компрессоростроения в новой пятилетке, печатается в порядке обсуждения. *Ред.*

ления, благодаря чему они удовлетворяют наиболее широкие круги потребителей. В зависимости от производительности, давления, привода и некоторых других условий, — современные поршневые компрессоры выполняются по различным конструктивным схемам. В основном, их можно разделить на вертикальные, горизонтальные и V-образные.

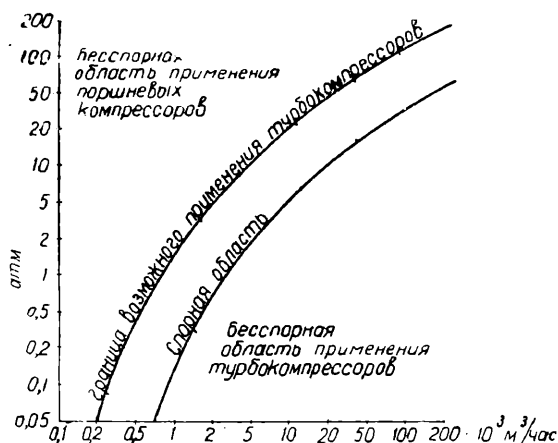


Рис. 1

тивного решения на базе изучения передовой техники западной Европы и США с учетом наших условий и отечественного опыта. Советскими конструкторами-компрессоростроителями до Великой Отечественной войны был создан ряд компрессорных машин. Среди них следует отметить компрессоры высокого давления на 200—300 и 800 ат (разработанные конструкторами Гипроазотмаш в Ленинграде, Сумского машиностроительного завода им. Фрунзе и завода «Компрессор» в Москве), стоящие на уровне современной техники.

До Великой Отечественной войны компрессоростроение не имело единого научно-технического центра, который руководил бы всей научной и конструкторской работой. В результате часто одни и те же — или очень близкие по характеристике машины строились одновременно несколькими заводами. В связи с этим ставился вопрос о нормализации номенклатуры поршневых компрессоров и специализации компрессоростроительных заводов. Эта задача приобрела еще большую остроту после войны, когда потребность в машинах особенно возросла в связи с восстановительными работами. Теперь всеми этими вопросами предстоит заняться недавно созданному научно-техническому центру по компрессоростроению — Научно-исследовательскому институту химического машиностроения (НИИХИММАШ), сосредоточившему у себя ведущие научно-технические и конструкторские силы.

Сравнивая конструкции поршневых компрессоров, выпускаемых западно-европейскими и американскими фирмами, можно заметить достаточно резкую разницу в подходе к одинаковым по характеристике машинам. Так, американцы строят в большом количестве V- и W-образные машины (рис. 3 и 4), тогда как западно-европейские фирмы предпочитают создавать на эти же параметры вертикальные машины (рис. 5 и 6).

Перед нами всегда стояла задача создать свою советскую школу, найти собственный метод конструк-

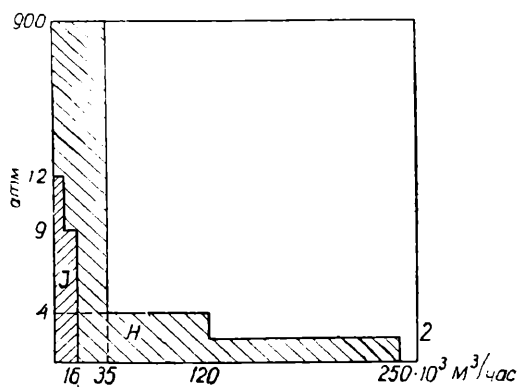


Рис. 2

H — поршневые компрессоры; I — ротационные компрессоры

Основная задача советского компрессоростроения состоит в том, чтобы резко увеличить выпуск машин, расширить номенклатуру и повысить их качество. Для этого прежде всего необходимо специализировать заводы на отдельных классах машин. Предельное сокращение количества марок, производимых на одном заводе, позволит значительно увеличить серийность.

В отличие от капиталистических стран, где каждая компрессоростроительная фирма по условиям конкуренции вынуждена производить самые разнообразные машины, мы можем эту же номенклатуру выпускать на нескольких заводах, что позволит перейти к большей серийности.

Вместе с тем надо создать ряд специализированных производств, которые должны обеспечить все компрессоростроительные заводы пластинчатыми клапанами, поршневыми кольцами, маслофильтрами, лубрикаторами, предохранительными клапанами, холодильниками и автоматикой.

Расширение явно недостаточной в настоящее время номенклатуры

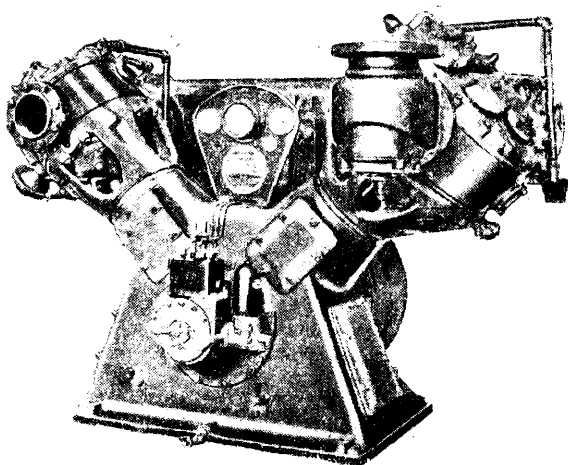


Рис. 3

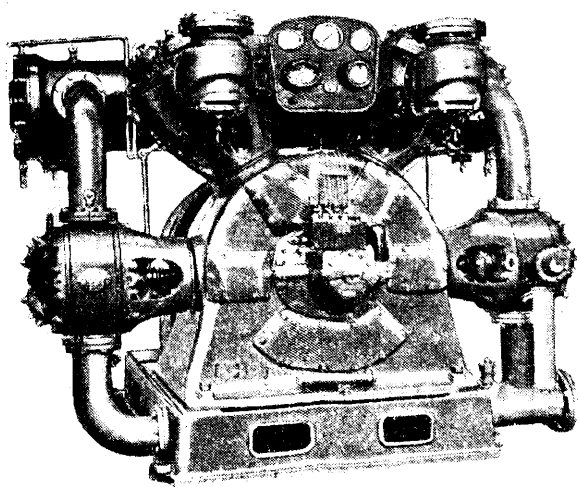


Рис. 4

выпускаемых машин должно быть основано на конструктивной нормализации. Последняя должна базироваться на унификации деталей, как в пределах одного завода, так и во внезаводском масштабе по таким общим деталям, как смазочная система, холодильники, автоматика и т. д.

Опыт показал, что наибольшая потребность ощущается в компрессорах на 6—8 ат. Перед войной Гипроазотмаш (ныне Ленинградский филиал НИИХИММАШ) разработал номенклатуру поршневых воздуш-

ных компрессоров производительностью от 3 до 100 м³/мин и с давлением от 6 до 8 ат. Это в основном остается правильным и теперь. После некоторого уточнения номенклатуры она должна быть введена в практику специализированных заводов; необходимо также нормализовать передвижные компрессорные станции, особенно нужные нашей стране для различных восстановительных работ. Одна из таких стан-

ций, освоенная в 1946 г. заводом им. Фрунзе по чертежам НИИХИМ-МАШ, показана на рис. 7.

Основой для конструктивной нормализации является создание так называемых конструктивных рядов машин. Эту задачу можно решить двумя способами, взяв за базу: 1) механизм движения, т. е. коленчатый вал, шатун, крейцкопф и шток, а также раму или картер; 2) поршневую и цилиндровую группы с шатуном.

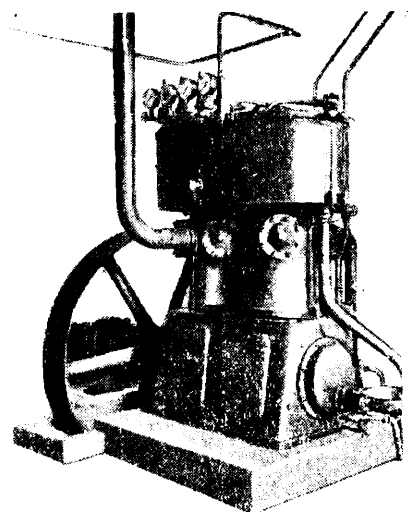


Рис. 5

В первом случае, меняя поршневую и цилиндровую группы, можно получить различные по своему назначению и характеристике компрессоры. Так поступают при нормализации вертикальных крейцкопфных и горизонтальных машин.

Во втором случае, естественно, приходится, сохраняя цилиндры, менять коленчатый вал и картер. По этому пути нормализуют бескрейцкопфные вертикальные машины.

Указанные принципы нормализации применяются нашими конструкторами. Так, завод Средазхиммаш для получения различных машин прибегает к замене цилиндрических и поршневых групп у трех базовых машин.

Основной потребитель компрессоров — пневматическое хозяйство, поэтому создание нормального ряда воздушных компрессоров на давление 6—8 ат является первоочередным.

В настоящее время предполагается выпускать следующие вертикальные компрессоры:

Производительность, м ³ /мин.	3	6	6	10	20	50
Давление, ат	6	6	8	8	8	8

В горизонтальном исполнении должны выпускаться компрессоры 50 м³/мин и выше.

Пределом применения поршневых машин по производительности в одном агрегате следует считать 100 м³/мин при 8 ат. Однако это не исключает необходимости постройки специальных мощных компрессоров для химической промышленности и на большую производительность.

Приведенная номенклатура слишком ограничена, чтобы удовлетворить растущие потребности; ее следует развивать в обе стороны.

Должен быть создан ряд специальных компрессоров, например кислородных. Размеры этих машин определяются размерами кислородных

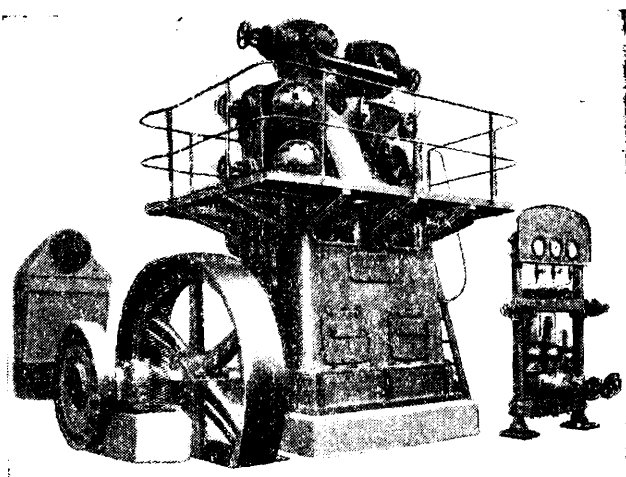


Рис. 6

установок. При конструировании таких машин необходимо считаться с наличием конструктивных баз, заимствуемых от воздушных компрессоров. Именно по такому пути пошел завод Средазхиммаш, выпуская компрессоры РК 075/220 и 2РК 3/220 производительностью 0,75 и 2 м³/мин на 220 ат.

В текущем пятилетии должно быть восстановлено производство крупных компрессоров высокого давления для химической промышленности, а также уделено внимание холодильным компрессорам, занимающим в компрессоростроении несколько особое положение.

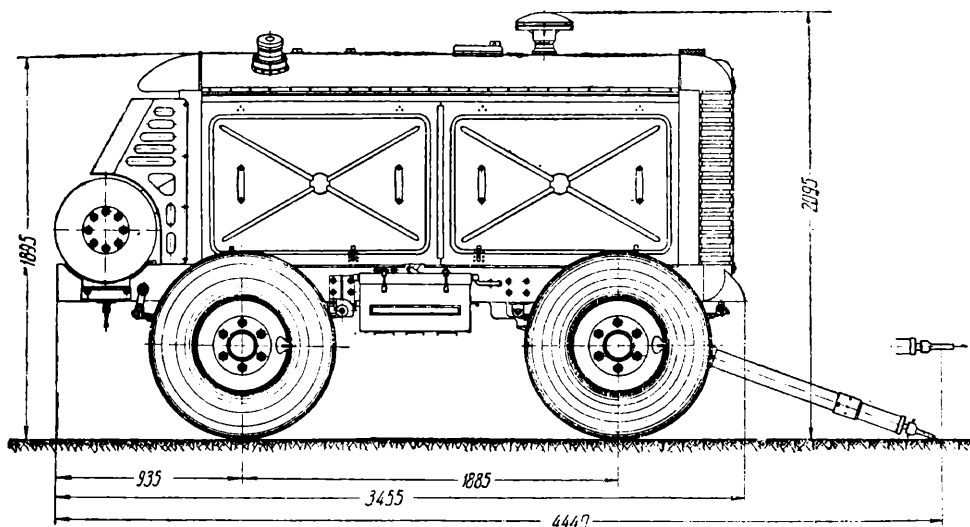


Рис. 7

Потребность в холодильных машинах огромна и удовлетворяется она крайне незначительно. Недостаток холодильного оборудования сильно отражается на сохранности ценных пищевых продуктов. В современных условиях нельзя создать изобилие продуктов без мощной холодильной промышленности. В первую очередь необходимо удовлетворить спрос на крупные машины, идущие для мощных холодильников.

Несмотря на широкое развитие различных холодильных агентов, главным образом фреонов, основным холодильным агентом для крупных установок, как показывает опыт холодильной промышленности США, все же остается аммиак. Следует считать, что и у нас в ближайшие 5—10 лет будет широко применяться аммиак.

Вместе с тем необходимо принять решительные меры к освоению также фреоновых машин для торговой сети. Нужно поставить задачу замены всех аммиачных машин фреоновыми в пределах до 30 000 станд. ккал/час.

Отличительной особенностью малых холодильных компрессоров от воздушных является не столько их специфика, как газовых машин, сколько технология их изготовления. Эти машины требуются в огромных количествах, что определяет крупносерийный характер их производства.

Должен быть начат выпуск аммиачных машин производительностью от 250 000 ккал/час и выше (3—4 типоразмера); 50 000—250 000 ккал/час (3—5 типоразмеров); фреоновых — 50 000—450 000 ккал/час (2—4 типоразмера); до 50 000 ккал/час (3—5 типоразмеров).

Ряд работ должен быть проделан в области компрессоров высокого давления.

Из отдельных деталей и узлов, над которыми необходимо усиленно работать, следует в первую очередь отметить самодействующие клапаны поршневых компрессоров.

На ближайшее время основным остается пластинчатый тип клапанов. Однако выпуск быстроходных, легких, особенно передвижных компрессоров, невозможен без освоения более компактных клапанов типа реечных. Чрезвычайно остро стоит вопрос о необходимости внедрения автоматического регулирования и контроля, которые резко улучшают эксплуатацию машин, повышают экономичность, в частности, позволяют сократить расходы на энергию и содержание компрессорных установок.

Попутно с конструктивным развитием компрессоростроения и в целях резкого увеличения выпуска машин должна быть улучшена работа

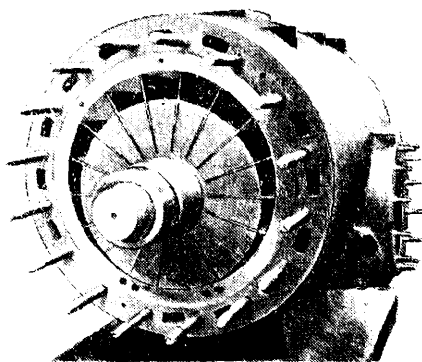


Рис. 8

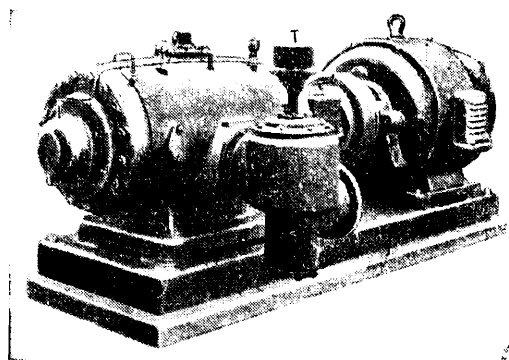


Рис. 9

всех звеньев технологической цепи, начиная с заготовительных цехов, кончая сборкой и испытанием готовых машин.

В первую очередь необходимо повысить качество литья из серого чугуна, а также освоить ряд специальных чугунов, например модифицированный и легированный чугуны, широко распространенные в американском компрессоростроении. Увеличение количества штампованных деталей может значительно снизить объем механической обработки. На штамповку может быть переведено, например, изготовление шатунов и коленчатых валов, в особенности — для мелких машин.

Увеличение серийности не должно ограничиваться одной лишь специализацией заводов по видам компрессорных машин. Должно быть также введено внутризаводское планирование изготовления отдельных марок крупными партиями, с соответствующим внутригодовым распределением всего выпуска. Это поможет использовать имеющийся на заводах опыт поточного производства, накопившийся в годы войны. Вместе с тем потребуются значительно лучшее оснащение механических цехов приспособлениями и контрольным измерительным инструментом.

Масштабы серийного и крупносерийного производства позволят организовать ряд новых технологических процессов, как, например, получение литых коленчатых валов, высокочастотная закалка, хонингование и др. Чрезвычайно важно разработать типовую передовую технологию на основные детали компрессоров, организовать действенный обмен опытом между заводами.

В современной индустрии находят широкое применение ротационные компрессоры и вакуум-насосы (рис. 8 и 9). В ряде случаев, например, в передвижных установках для вакуумирования бетона такие машины являются незаменимыми. В связи с широким строительством

вакуумирование бетона могло бы сыграть немалую роль, однако его внедрение тормозится недостатком оборудования. Поэтому в текущем пятилетии необходимо приступить к освоению и ротационных машин. Поскольку в области расчета вакуум-насосов наша промышленность имеет пока недостаточный опыт, необходимо в связи с развитием вакуумной техники в текущем пятилетии осуществить ряд исследовательских работ также и в этом направлении.

В области центробежных компрессорных машин ныне специализируется один только завод им. Ленина в Ленинграде. Этот завод до вой-

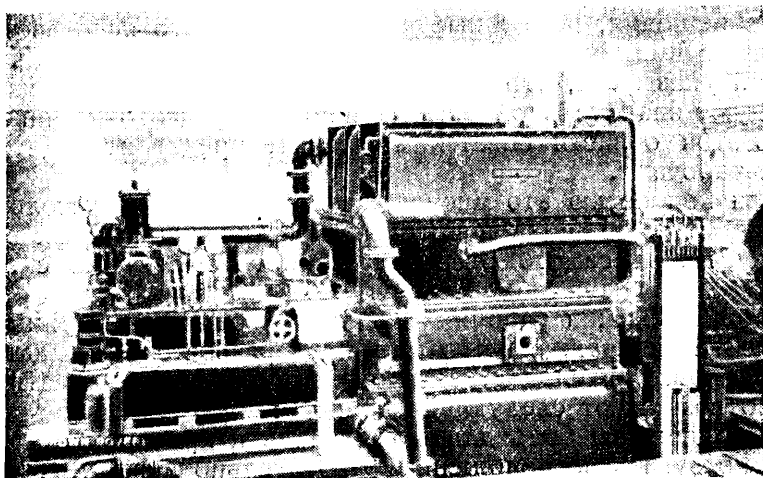


Рис. 10

ны освоил сложное производство ряда очень крупных машин целиком из отечественных материалов без иностранной помощи и теперь вновь его восстанавливает.

Нам представляется, что развитие советского турбокомпрессоростроения должно быть направлено по пути объединения его с производством паровых турбин² как наиболее логичному и дешевому.

Нормальный ряд центробежных компрессоров, как нам представляется, должен быть рассчитан на давление до 10 ат и состоять из 5 размеров машин следующих производительностей: 1) 8000—12 000 м³/час, 2) 15 000—20 000 м³/час, 3) 25 000—40 000 м³/час, 4) 50 000—75 000 м³/час и 5) 80 000—100 000 м³/час. Разработка такого ряда позволит провести нормализацию машин и увязать ее с производством турбовоздухоуловителей различного назначения.

Современные турбокомпрессоры достигли высокой степени надежности, экономичности и компактности. Примером может служить конструкция турбокомпрессора, показанная на рис. 10, у которого изотермический к. п. д. достигает 0,7.

Коллектив советских компрессоростроителей должен приложить все усилия, чтобы поднять эту исключительно важную отрасль машиностроения на уровень, отвечающий возросшим требованиям народного хозяйства в новой Сталинской пятилетке.

² Следует заметить, что за границей турбомашин строят, главным образом, турбостроительные фирмы, т. е. заводы, выпускающие паровые турбины (фирмы BBC, Эшер-Висс, Дженераль-Электрик и др.). Причиной этому является индивидуальный характер обоих производств — паротурбостроения и турбокомпрессоростроения — с совершенно общими технологическими требованиями.

Синтез кривошипно-шатунного механизма по заданному ходу ползуна

Канд. техн. наук Д. В. КОНВИСАРОВ

Из простейших механизмов с низшими парами кривошипно-шатунный механизм в практике современного машиностроения является самым распространенным. Однако можно указать на ряд вопросов, относящихся к синтезу этого механизма, которые или совсем не разрешены или разрешены только частично, или, наконец, имеют слишком громоздкие решения, неудобные для практического использования.

Оценивая существующие методы синтеза механизмов, акад. И. И. Артоболевский указывает, что „эти методы еще сложны, мало наглядны, часто требуют значительной математической подготовки инженеров. Поэтому в этой области советским ученым предстоит еще большая и упорная работа“*.

Разделяя полностью это мнение, автор предлагает несколько сравнительно простых решений некоторых практически важных вопросов из области синтеза самого распространенного механизма с низшими парами.

При проектировании рабочих машин кривошипно-шатунный механизм применяется прежде всего как преобразователь вращательного движения в поступательное. В этом случае перед конструктором естественно возникают следующие вопросы:

а) Каковы должны быть длины шатуна L и кривошипа r , если заданы ход ползуна S и положение относительно него центра вращения кривошипа O_r ?

б) Где следует поместить центр вращения кривошипа O_r относительно отрезка прямой S , когда величина r и L заданы?

в) При каких пограничных значениях наперед задаваемых величин r и L , при искомым координатах точки O_r (или наоборот), механизм с требуемым ходом ползуна S перестает удовлетворять условиям Грасгофа (кривошип лишается возможности делать полный оборот и приведение механизма в действие от электромотора исключается).

г) Как будет изменяться величина прямолинейного отрезка S , если при постоянных значениях r и L будет меняться относительно S положение кривошипного центра O_r .

Обратимся к первому вопросу. Известно, что при крайних положениях ползуна шатун и кривошип оказываются на одной прямой линии (мертвые положения механизма) согласно рис. 1. Таким образом за один оборот кривошипа механизм своими двумя мертвыми положениями образует треугольник $O_r B_1 B_2$, одна из вершин которого совпадает с центром вращения кривошипа, а стороны равны S , $(L + r)$ и $(L - r)$. Для воспроизведения заданного хода ползуна S может быть использовано бесконечное множество механизмов, образующих своими двумя мертвыми положениями бесконечное множество треугольников с одной общей стороной S и с произвольным расположением вершин O_r , т. е. центров вращения кривошипов. Так как сумма двух сторон каждого такого треугольника равна $2L$, а разность — $2r$, то для графического определения величин L и r при любом заданном положении точки O_r относительно отрезка прямой S может быть предложен весьма простой прием, показанный на рис. 2. Точка O_r соединяется прямыми линиями $O_r B_1$ и $O_r B_2$. Из точки O_r радиусом $O_r B_2$ проводится дуга окружности до пересечения ее с прямой $O_r B_1$ в точке B'_2 и с продолжением этой же прямой в точке B'_1 .

* Сборник „Советская техника за 25 лет“, изд. АН СССР, 1945, стр. 36.

Отрезок $B_1B'_2$ как разность сторон треугольника O, B_1B_2 окажется при этом равным $2r$, а отрезок $B_1B'_2$ как сумма сторон этого же треугольника дает в масштабе чертежа величину, равную $2L$.

Графические методы определения размеров механизма нельзя, однако, признать основными. Ограниченная точность этих методов и весьма высокая чувствительность многих механизмов к ничтожным колебаниям размеров заставляют во всех случаях отдавать предпочтение аналитическим методам, а графические приемы рассматривать как вспомогательные или ориентировочные. Согласно схеме, приведенной на рис. 2, при указанном расположении координатных осей для любого положения точки $O_r(x, y)$ будут справедливы соотношения:

$$\begin{aligned}(L+r)^2 &= y^2 + \left(x + \frac{S}{2}\right)^2, \\ (L-r)^2 &= y^2 + \left(x - \frac{S}{2}\right)^2.\end{aligned}$$

Вычитая второе уравнение из первого, получаем

$$(L+r)^2 - (L-r)^2 = \left(x + \frac{S}{2}\right)^2 - \left(x - \frac{S}{2}\right)^2,$$

откуда путем несложных преобразований находим:

$$L \cdot r = \frac{xS}{2}. \quad (1)$$

Далее, согласно указанному графическому приему, можно написать

$$2L = B_1O_r + B_2O_r = \sqrt{y^2 + \left(x + \frac{S}{2}\right)^2} + \sqrt{y^2 + \left(x - \frac{S}{2}\right)^2}$$

или

$$L = \frac{\sqrt{y^2 + \left(x + \frac{S}{2}\right)^2} + \sqrt{y^2 + \left(x - \frac{S}{2}\right)^2}}{2}. \quad (2)$$

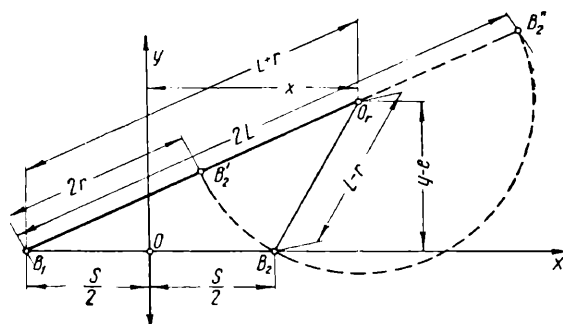


Рис. 2. Графический метод определения длин кривошипа и шатуна

Совместным решением уравнений (1) и (2) величины L и r при заданных значениях S , x и y могут быть найдены с любой степенью точности.

Переходим к определению координат кривошипного центра при требуемом ходе ползуна S и при заданных длинах шатуна и кривошипа. Тот факт, что сумма и разность сторон B_1O_r и B_2O_r на рис. 2 соот-

ветственно равны $2L$ и $2r$, позволяет утверждать, что один и тот же ход ползуна S может быть воспроизведен бесконечным множеством

кривошипно-шатунных механизмов с одной и той же длиной кривошипа, а также бесконечным множеством их, обладающих одной и той же длиной шатуна L . В первом случае геометрическим местом точек O_r (т. е. центров вращения кривошипа) будет кривая с постоянной и равной $2r$ разностью расстояний каждой своей точки до двух точек B_1 и B_2 , т. е. гипербола. Во втором случае эта кривая будет, очевидно, эллипсом с постоянной, равной $2L$, суммой расстояний от каждой своей точки до точек B_1 и B_2 .

Таким образом вся плоскость прямоугольной системы координат uOx , ось Ox которой направлена по ходу ползуна S , а ось Oy пересекает отрезок S по середине, может быть покрыта сетью гипербол и эллипсов, соответствующих постоянным значениям r и L (рис. 3).

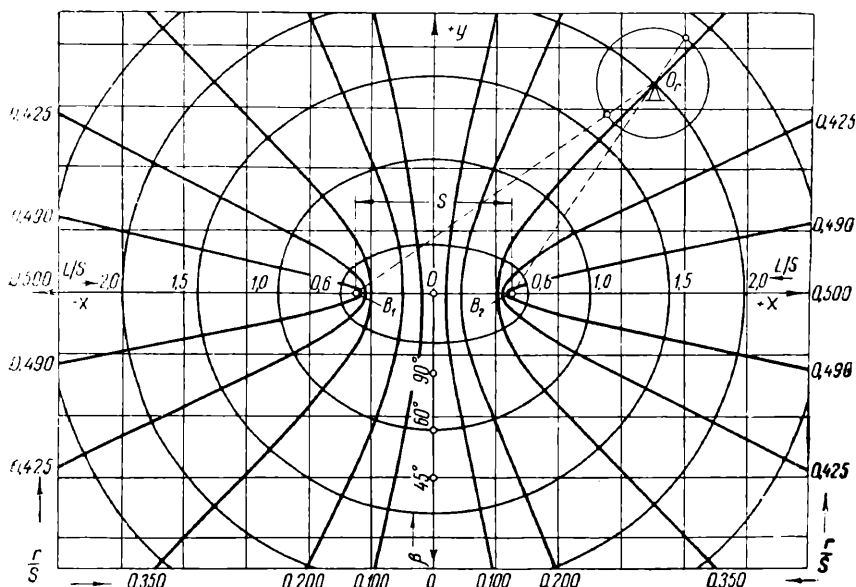


Рис. 3. Геометрические места центров вращения кривошипа

Концевые точки заданного отрезка S , т. е. точки B_1 и B_2 , будут постоянными фокусами для обоих семейств этих гипербол и эллипсов. Так как выбранные направления координатных осей совпадают с главными осями указанных кривых 2-го порядка, а начало координат — с их центром, то можно воспользоваться общеизвестными уравнениями:

для эллипса

$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{b_1^2} = 1;$$

для гиперболы

$$\frac{x^2}{a_2^2} - \frac{y^2}{b_2^2} = 1.$$

Переменные x и y в этих уравнениях будут соответствовать искомым координатам центра вращения кривошипа r . Постоянные a_1 , b_1 , a_2 и b_2 нетрудно выразить через наперед задаваемые величины S , L и r .

Подставляя соответствующие выражения этих постоянных в уравнения гиперболы и эллипса, находим

$$\frac{x^2}{r^2} - \frac{y^2}{\left(\frac{S}{2}\right)^2 - r^2} = 1; \quad (3)$$

$$\frac{x^2}{L^2} + \frac{y^2}{L^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2} = 1. \quad (4)$$

Таким образом для определения координат x и y кривошипного центра O_r при заданных значениях S , L и r мы располагаем двумя уравнениями второй степени. Решение этих уравнений разумеется даст двузначные численные значения x и y , соответствующие четырем возможным положениям точки O_r , симметричным относительно середины хода ползуна S .

Рассматривая вопрос о выборе наперед задаваемых размеров по условиям Грасгофа для кривошипно-шатунного механизма, следует прежде всего заметить, что общеизвестное неравенство Грасгофа

$$a + d < b + c$$

может быть использовано только, если известны размеры всех четырех возрастающих по своей длине звеньев a , b , c и d . При проектировании механизма, когда именно размеры части этих звеньев являются искомыми, воспользоваться указанным неравенством невозможно. Вместе с тем мы уже убедились, что два неизвестных основных размера (длины шатуна и кривошипа или две координаты кривошипного центра) полностью определяются двумя другими заданными размерами (соответственно — координатами кривошипного центра или длинами шатуна и кривошипа). Это позволяет утверждать, что при проектировании кривошипно-шатунного механизма по заданному ходу ползуна возможность полного оборота звена r может быть установлена заранее и без знания размеров всех звеньев.

Кривошипно-шатунный механизм является тем частным случаем четырехзвенного кривошипно-коромыслового механизма, когда радиус коромысла: $R = \infty$, длина стойки $H = \infty$, угол размаха коромысла $\beta = 0$ и $H - R = \pm y$ (дезаксиал). Условие Грасгофа¹

$$a + d < b + c$$

в приложении к этим механизмам сводится к неравенству¹

$$r < L - y.$$

Переписанное в виде

$$y < L - r \quad (5)$$

это неравенство всегда оказывается в наших расчетах удовлетворенным.

Однако оно недостаточно в том случае, когда от проектируемого механизма требуется воспроизведение заданного хода ползуна S . Основываясь на детальном анализе всех следствий общеизвестной теоремы Грасгофа, можно легко доказать, что у любого кривошипно-шатунного механизма с полным оборотом звена r при заданном ходе ползуна S центр вращения кривошипа должен лежать обязательно вне области, ограниченной двумя прямыми, проходящими по концам прямолинейного отрезка S и параллельными оси Oy .

Если заданными величинами при проектировании кривошипно-шатунного механизма являются длины шатуна и кривошипа, то на основании сказанного и согласно уравнению (1) они должны удовлетворять неравенству

$$\frac{2Lr}{S} > \frac{S}{2}$$

или

$$\frac{4Lr}{S^2} > 1.$$

¹ Проф. И. И. Артоблевский „Теория механизмов и машин“, 1940, стр. 469—410

Четвертый вопрос — регулирование хода ползуна путем перемещения кривошипного центра. Уравнение (1) указывает на возможность регулирования хода ползуна у кривошипно-шатунных механизмов с переменным значением координаты x кривошипного центра. Перепишав уравнение (1) в виде

$$S = \frac{2Lr}{x},$$

убеждаемся, что при постоянных значениях L и r можно изменением абсциссы x получить переменную величину хода ползуна S . При постоянных значениях L и r пределы регулирования величины S определяются: 1) возможностью построения на заданных отрезках S треугольников со сторонами $(L+r)$ и $(L-r)$; 2) пограничным значением координаты $x_{\min} = -\frac{S}{2}$.

Максимальное значение S может быть найдено из условия, что одна сторона треугольника, сторона S , должна быть всегда больше разности двух других сторон

$$(L+r) - (L-r) = 2r.$$

Так как любой кривошипно-шатунный механизм допускает в пределе совпадение сторон $(L+r)$ и $(L-r)$ в одну прямую (аксиальный механизм), то величину $S=2r$ следует рассматривать как минимальную, которой соответствует абсцисса

$$x_{\max} = \frac{2Lr}{S_{\min}} = \frac{2Lr}{2r} = L.$$

Максимальное значение S определяется из соотношения

$$S = \frac{2Lr}{x_{\min}},$$

которое при $x_{\min} = -\frac{S}{2}$ дает

$$S_{\max} = \sqrt{4Lr} = 2\sqrt{Lr}.$$

Итак, при заданных значениях L и r ход ползуна может быть изменен в пределах от $S_{\min} = 2r$ до $S_{\max} = 2\sqrt{Lr}$.

Так как минимальное значение S не зависит от длины шатуна, а максимальное пропорционально $\sqrt{L}$, то очевидно, что с увеличением длины шатуна абсолютное значение разности

$$S_{\max} - S_{\min},$$

а следовательно, и относительные пределы регулирования хода ползуна расширяются.

Теоретическое значение $S_{\max}$, выведенное из уравнения (1), должно быть признано, однако, практически неосуществимым. При $x_{\min} = -\frac{S}{2}$ отрезок прямой $(L-r)$ располагается перпендикулярно к ходу ползуна.

Помимо того, что кривошипно-шатунный механизм перестанет при этом удовлетворять неравенству $\frac{2Lr}{S} > \frac{S}{2}$, у него возникает еще явление самоторможения ползуна в направляющих. Для того чтобы

ползун мог свободно скользить в направляющих, шатун при любом положении механизма должен быть отклонен от вертикали к ходу ползуна на угол γ больший угла трения φ .

Угол γ будет минимальным, когда ордината конца кривошипа составляет величину $y = r$ (рис. 4). При этом

$$\cos \gamma = \frac{y + r}{L}.$$

Для того чтобы избежать самоторможения ползуна у регулируемого кривошипно-шатунного механизма, т. е. у механизма с переменными значениями координат кривошипного центра, необходимо иметь:

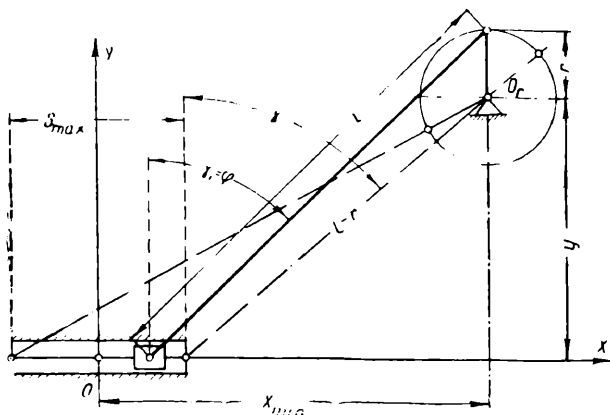


Рис. 4. Навысшее положение точки O_r

$$y_{\max} < L \cos \varphi - r,$$

или, согласно схеме (рис. 4),

$$(L - r) \cos \gamma_{\min} < L \cos \varphi - r,$$

т. е.

$$\cos \gamma_{\min} < \frac{L \cos \varphi - r}{L - r}.$$

При этом

$$x_{\min} = \frac{S_{\max}}{2} + (L - r) \sin \gamma_{\min}.$$

Подставив это выражение в уравнение (1), получаем

$$Lr = \left[\frac{S_{\max}}{2} + (L - r) \sin \gamma_{\min} \right] \frac{S_{\max}}{2}$$

и находим

$$S_{\max} = (L - r) \sin \gamma_{\min} + \sqrt{(L - r)^2 \sin^2 \gamma_{\min} + 4Lr}.$$

Из уравнения

$$Lr = \left[\frac{S_{\max}}{2} + (L - r) \sin \gamma_{\min} \right] \frac{S_{\max}}{2}$$

можно определить и то минимальное значение L , при котором кривошипно-шатунный механизм с регулируемым ходом ползуна позволяет изменять величину последнего в пределах от $S_{\min} = 2r$ до наперед заданного значения $S_{\max}$.

Введя обозначение

$$\frac{S_{\max}}{2r} = \frac{S_{\max}}{S_{\min}} = k,$$

находим окончательно

$$L = \frac{S_{\max}}{2} \cdot \frac{k - \sin \gamma_{\min}}{1 - k \sin \gamma_{\min}}.$$

Для изменения абсциссы в пределах от $x_{\min} = \frac{S_{\max}}{2} + (L - r) \sin \gamma_{\min}$ до $x_{\max} = L$ кривошипный центр перемещается по самым разнообразным кривым. Однако эта возможность ограничивается тем, что такое перемещение требует, чтобы одновременно был перемещен двигатель вместе с приводом от него к кривошину. Практически наиболее приемлема только такая система регулирования, которая может быть осуществлена при стационарном двигателе. Такую систему мы будем иметь, когда кривошипный центр будет перемещаться по дуге

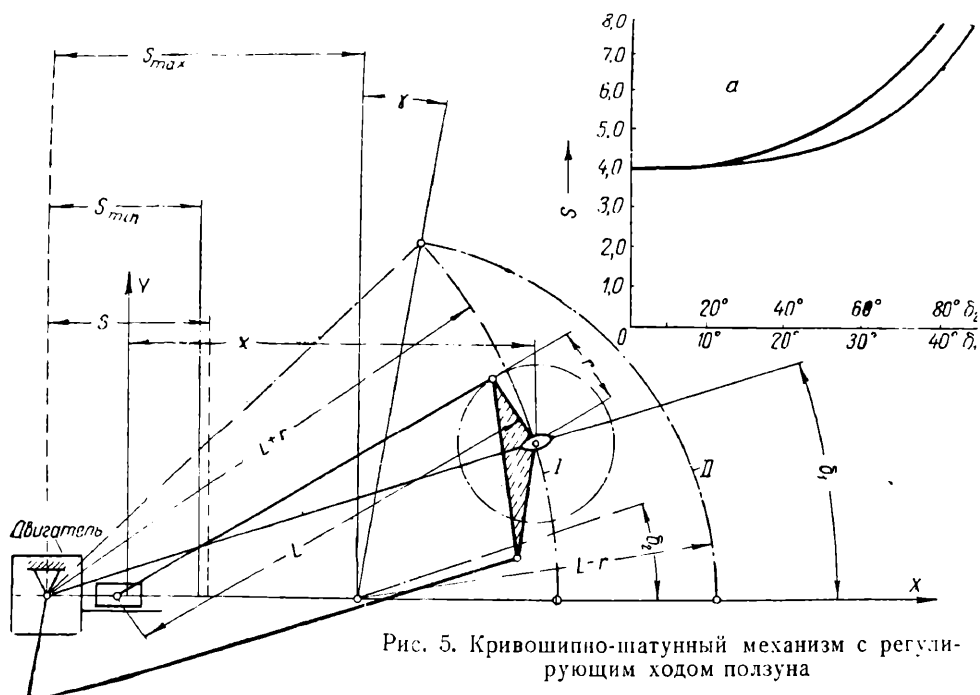


Рис. 5. Кривошипно-шатунный механизм с регулирующим ходом ползуна

окружности с центром, расположенным на геометрической оси главного вала двигателя. Крутящий момент на кривошипе при этом может быть получен от самых разнообразных передач, не требующих для перемещения кривошипа остановки двигателя. Это могут быть передачи: гибкой связью, цепью, зубчатыми или фрикционными колесами или, наконец, шарнирным параллелограммом (рис. 5).

Таким образом для получения максимальной амплитуды изменения S при заданных значениях L и r дуга окружности перемещения кривошипного центра должна удовлетворять следующим условиям: 1) пересекать ось Ox ; 2) любая ее ордината y должна быть меньше разности $(L - r)$; 3) проходить через точку с координатами

$$x = (L - r) \sin \gamma_{\min} + \frac{S_{\max}}{2};$$

$$y = (L - r) \cos \gamma_{\min}.$$

Из бесконечного множества окружностей, удовлетворяющих этим трем условиям с точки зрения производственной практики, заслуживают особого внимания окружности радиусов $(L + r)$ и $(L - r)$, описанные из центров, расположенных на оси Ox (рис. 5). При регулировании по этим способам одно из крайних положений ползуна будет при всех значениях S оставаться неизменным.

При перемещении кривошипного центра по первой из этих дуг

$$x = (L + r) \cos \delta_1 - \frac{S}{2},$$

а по второй дуге

$$x = -\frac{S}{2} + (L - r) \cos \delta_2.$$

Зависимость S от угла наклона регулирующего рычага δ_{1-2} (подвижной стойки) выразится соотношениями:

а) при дуге окружности радиуса $(L + r)$

$$-\frac{S}{2} = (L + r) \cos \delta_1 - x = (L + r) \cos \delta_1 - \frac{2Lr}{S}$$

или

$$S = (L + r) \cos \delta_1 - \sqrt{(L + r)^2 \cos^2 \delta_1 - 4Lr};$$

б) при дуге окружности радиуса $(L - r)$

$$\frac{S}{2} = x - (L - r) \cos \delta_2 = \frac{2Lr}{S} - (L - r) \cos \delta_2$$

или

$$S = -\frac{2Lr}{(L - r) \cos \delta_2} + \sqrt{\frac{4L^2r^2}{(L - r)^2 \cos^2 \delta_2} - 4Lr}.$$

На рис. 5,а представлены кривые зависимости S от углов δ_1 и δ_2 для показанного на том же рисунке кривошипно-шатунного механизма с $\frac{L}{r} = 5,6$.

* *

За просмотр рукописи и за консультацию автор приносит благодарность акад. И. И. Артоболевскому.

Расшифровка зубчатых зацеплений

Канд. техн. наук Я. И. ДИКЕР

Под расшифровкой зацепления зубчатой передачи имеется в виду определение по имеющейся зубчатой передаче всех тех величин и параметров, которые необходимы для ее изготовления, если нет чертежей. К расшифровке зацепления приходится часто прибегать в тех случаях, когда при ремонте должно быть заменено одно колесо из пары. Вообще говоря, тогда рекомендуется менять оба колеса, так как при этом обычно можно использовать имеющийся на заводе стандартный зуборезный инструмент.

Однако, если нельзя избежать изготовления одного колеса, становится необходимой детальная расшифровка зацепления по всем параметрам, без чего невозможно ни изготовление режущего инструмента, ни нарезка колеса.

При расшифровке обычно обмеряют некоторые элементы зацепления, которые наиболее легко и надежно поддаются этому обмеру. Остальные элементы определяют путем расчета по соответствующим уравнениям.

В дальнейшем для упрощения примем, что замене подлежит шестерня, а колесо остается, как это и бывает в большинстве случаев.

Для того чтобы передача после замены шестерни не стала работать хуже, шестерня должна быть изготовлена из соответствующего материала и с необходимой степенью точности. В этом отношении нужно руководствоваться стандартом ГОСТ 1643—42 „Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски“. Предварительно следует установить класс точности ремонтируемой передачи, руководствуясь табл. 1*1.

Таблица 1

Окружная скорость (в м/сек) для пере- дач		Наиболь- шая мощ- ность л. с.	Класс точности
прямозубых	косозу- бых		
Свыше 8	Свыше 18	10 000	1
До 10	До 18	5 000	2
До 6	До 8	1 500	3
До 2	До 3	800	4

Далее должна быть разработана технология зубонарезания, обеспечивающая требуемую точность.

При расшифровке зацепления, во-первых, устанавливают все параметры исходного контура, по которому изготовляют инструмент, и, во-вторых, необходимую для зубореза толщину зубьев, а для косозубых передач и угол наклона зубьев.

Применяемые на практике исходные контуры отличаются большим разнообразием. На рис. 1 и 2 показаны соответственно исходные контуры модульной и питчевой системы.

Исходные контуры являются прямолинейными на протяжении всей своей высоты за вычетом радиальных зазоров, в связи с чем они дают при нарезании эвольвентную форму зуба. В табл. 2 приведены практически применяемые основные параметры исходного контура.

Таблица 2

Параметры	США			Англия		Германия			Франция	
	1	1	0,8	1	1	1	1	0,8	1	0,75
f_d	$14\frac{1}{2}^\circ$	20°	20°	$14\frac{1}{2}^\circ$	20°	15°	20°	20°	20°	20°
α_d										
Расчетная база	Диаметральный питч DP			Диаметраль- ный питч DP		Модуль m			Модуль m	

В США пользуются, кроме того, еще так называемым составным исходным контуром (рис. 3). Профиль его состоит из прямолинейного участка с профильным углом $\alpha_d = 14\frac{1}{2}^\circ$ и двух участков, которые теоретически должны быть очерчены по циклоиде, а практически, для удобства изготовления инструмента, очерчиваются по дуге окружности. При профильном угле в 20° в США пользуются еще так называемой двухпитчевой системой. Здесь шаг и толщину зубьев берут по одному питчу DP_n , а высоту зубьев по другому меньшему питчу DP_h (с большим числовым значением). Таким образом зуб получается укороченным. В табл. 3 дается часть применяемых по этой системе питчей и приводится величина f_d , представляющая собой отношение $DP_f:DP_n$.

*1 Взята в сокращенном виде из „Справочного руководства по зубчатым передачам и редукторам“, вып. 5, ЦНИИТМАШ, МАШГИЗ, 1944.

Таблица 3

$\frac{DP_t}{DP_h}$	$\frac{10}{12}$	$\frac{9}{11}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{4}{5}$
f_d	0,834	0,817	0,8	0,78	0,75	0,715	0,8

Как видно, здесь величины f_d неодинаковы.

При $\alpha_d = 20^\circ$ применяется и двухмодульная система, часть которой дана в табл. 4. И здесь шаг зубьев берется по большому модулю m_t , а высота их по меньшему m_h .

Таблица 4

$\frac{m_t}{m_h}$	$\frac{2,5}{2}$	$\frac{2,75}{2}$	$\frac{3}{2,25}$	$\frac{3,5}{2,5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4,5}{3,25}$	$\frac{5}{3,75}$	$\frac{6}{4,5}$
f_d	0,8	0,73	0,75	0,714	0,75	0,723	0,75	0,75

И здесь f_d (отношение $m_h:m_t$) различно.

Кроме этих исходных контуров, более или менее распространенных и известных по литературе, отдельные фирмы применяют свои

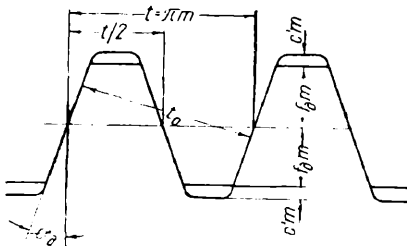


Рис. 1. Исходный контур на базе модуля

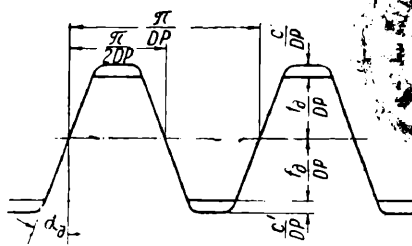


Рис. 2. Исходный контур на базе питча

значения параметров исходного контура. Можно встретить передачи, где $\alpha_d = 22 \frac{1^\circ}{2}$, или где $f_d > 1$ (например 1,175).

Величина коэффициента радиального зазора c' неодинакова. Так, при исходных контурах с $\alpha_d = 14 \frac{1^\circ}{2}$ обычно $c' = 0,157$; при $\alpha_d = 15^\circ$ иногда c' принимают равным 1:6 (т. е. 0,167). В США при короткозубом контуре ($f_d = 0,8$) берут $c' = 0,25$. Наиболее распространенная величина $c' = 0,2$.

Встречаются и другие модификации исходного контура. Например, иногда зубья режущего инструмента делают с утолщенной ножкой, в связи с чем вершина нарезаемого зуба несколько сбивается (рис. 4), и получается фланкированный зуб. Величины a и b и форма кривой c практически весьма различны.

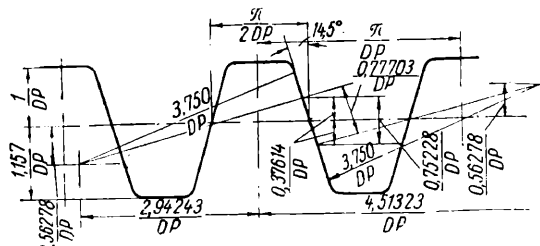


Рис. 3. Составной исходный контур

Несмотря на большое разнообразие исходных контуров, расшифровка доступна не только узким специалистам. При определенном порядке ее выполнения, излагаемом ниже, расшифровка посильна для каждого, кто в основном знаком с предметом.

В дальнейшем изложении шестерней будет называться меньшее из сцепляющихся зубчатых колес, а колесом — большее из них. При этом условно принимается, что шестерня является ведущей.

В настоящей работе приняты следующие обозначения:

z — число зубьев;
 D и d — диаметр;
 R и r — радиус;
 t — шаг;
 m — модуль;
 A — межосевое расстояние;

s — толщина зуба по дуге;
 h — глубина захода зубьев;
 f — половина коэффициента высоты зубьев;
 ξ — коэффициент смещения исходного контура;
 c' — коэффициент радиального зазора;
 L — длина общей нормали;
 n — число впадин в обхвате при измерении длины общей нормали;
 α — угол зацепления и профильный;
 μ — половина угловой толщины зуба;
 β — угол наклона зуба.

Индекс 1 относится к шестерне; 2 — к колесу; o — к основному цилиндру; d — к делительному цилиндру и к исходному контуру; n — к нормальному сечению; s — к торцевому сечению; a — к осевым величинам; e — к цилиндру выступов; i — к цилиндру впадин.

Индекс c обозначает сумму.

Зацепления: нулевое, где $\xi_1=0$ и $\xi_2=0$, смещенно-нулевое, где $\xi_c=0$, смещенное, где $\xi_c \neq 0$.

В дальнейшем профильные углы α_d исходного контура по табл. 2 называются стандартными, а все другие значения α_d — специальными. Модули m и диаметральные питчи DP из нормальных рядов также будут называться стандартными, а все другие их значения — специальными.

При определении основного шага t_0 по уравнению важно установить, относится ли он к исходному контуру со стандартными значениями α_d и m (или DP), или нет. Для этого удобно пользоваться табл. 5, где даны в порядке последовательного возрастания значения t_0 , соответствующие стандартным значениям α_d и m (или DP). Значения m без скобок являются стандартными; в скобках представляют собой перевод в модульную систему стандартных значений DP .

Допустим для примера, что $t_0=10,33$ мм. По табл. 5 $m=3,5$ и $\alpha_d=20^\circ$. Если t_0 оказалось равным 8,35 мм, то следует установить место, где изготовлена машина. Если она построена в США или Англии, тогда наиболее вероятно, что исходный контур имеет $DP=9$ и $\alpha_d=20^\circ$; если в континентальной Европе, то можно предположить, что исходный контур имеет $m=2,75$ и $\alpha_d=15^\circ$.

Рассмотрим еще один пример пользования табл. 5. Допустим, что $t_0=35,46$ мм. В табл. 5 ближайшее значение будет $t_0=35,425$ мм, чему соответствует $m=12$ и $\alpha_d=20^\circ$. Здесь отклонение равно $35,460-35,425=0,035$ мм. Теперь важно выяснить, какой существует допуск на основной шаг данной передачи. В табл. 6 дана сводка по классам точности допусков на основной шаг, составленная по ГОСТ 1643—42 „Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски“. Если передача относится, например, ко второму классу точности, где для мо-

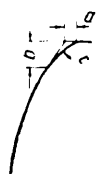


Рис. 4.
 Схема
 зацепления

Таблица 5

t_0	m	DP	α_0	t	t_0	m	DP	α_0	t
2,953	1	—	20	3,142	12,897	4,25	—	15	13,352
2,971	(0,9769)	26	14 $\frac{1}{2}$	3,069	13,284	4,5	—	20	14,137
3,035	1	—	15	3,142	13,655	4,5	—	15	14,137
3,124	(1,0583)	24	20	3,325	14,761	5,0	—	20	15,708
3,219	(1,0583)	24	14 $\frac{1}{2}$	3,325	14,997	(5,0800)	5	20	15,959
3,408	(1,1545)	22	20	3,627	15,173	5,0	—	15	15,708
3,512	(1,1545)	22	14 $\frac{1}{2}$	3,627	15,451	(5,0800)	5	14 $\frac{1}{2}$	15,959
3,690	1,25	—	20	3,927	16,237	5,5	—	20	17,279
3,749	(1,2700)	20	20	3,990	16,690	5,5	—	15	17,279
3,793	1,25	—	15	3,927	17,713	6,0	—	20	18,850
3,863	(1,2700)	20	14 $\frac{1}{2}$	3,990	18,208	6,0	—	15	18,850
4,166	(1,4111)	18	20	4,433	18,746	(6,3500)	4	20	19,949
4,292	(1,4111)	18	14 $\frac{1}{2}$	4,433	19,189	6,5	—	20	20,420
4,428	1,5	—	20	4,712	19,314	(6,3500)	4	14 $\frac{1}{2}$	19,949
4,551	1,5	—	15	4,712	19,724	6,5	—	15	20,420
4,687	(1,5875)	16	20	4,987	20,655	7,0	—	20	21,991
4,828	(1,5875)	16	14 $\frac{1}{2}$	4,987	21,242	7,0	—	15	21,991
5,166	1,75	—	20	5,498	21,424	(7,271)	3 $\frac{1}{2}$	20	22,799
5,311	1,75	—	15	5,498	22,073	(7,2571)	3 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	22,799
5,665	(1,8143)	14	20	5,709	23,617	8	—	20	25,133
5,527	(1,8143)	14	14 $\frac{1}{2}$	5,709	24,277	8	—	15	25,133
5,904	2	—	20	6,283	24,995	(8,4667)	3	20	26,599
6,069	2	—	15	6,283	25,752	(8,4667)	3	14 $\frac{1}{2}$	26,599
6,249	(2,1167)	12	20	6,650	26,569	9	—	20	28,274
6,438	(2,1167)	12	14 $\frac{1}{2}$	6,650	27,267	(9,2364)	2 $\frac{3}{4}$	20	29,017
6,643	2,25	—	20	7,069	27,311	9	—	15	28,274
6,819	(2,3091)	11	20	7,254	28,093	(9,2364)	2 $\frac{3}{4}$	14 $\frac{1}{2}$	29,017
6,823	2,25	—	15	7,069	29,521	10	—	20	31,416
7,023	(2,3091)	11	14 $\frac{1}{2}$	7,254	29,994	(10,1600)	2 $\frac{1}{2}$	20	31,919
7,380	2,5	—	20	7,854	30,346	10	—	15	31,416
7,498	(2,5400)	10	20	7,980	30,902	(10,1600)	2 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	31,919
7,586	2,5	—	15	7,854	32,473	11	—	20	34,557
7,725	(2,5400)	10	14 $\frac{1}{2}$	7,980	33,326	(11,2889)	2 $\frac{1}{4}$	20	35,465
8,118	2,75	—	20	8,639	33,380	11	—	15	34,557
8,345	2,75	—	15	8,639	34,336	(11,2889)	2 $\frac{1}{4}$	14 $\frac{1}{2}$	35,465
8,351	(2,8222)	9	20	8,886	35,425	12	—	20	37,699
8,603	(2,8222)	9	14 $\frac{1}{2}$	8,886	36,414	12	—	15	37,699
8,857	3	—	20	9,425	37,492	(12,7000)	2	20	39,898
9,104	3	—	15	9,425	38,378	13	—	20	40,841
9,373	(3,1750)	8	20	9,975	38,627	(12,7000)	2	14 $\frac{1}{2}$	39,898
9,594	3,25	—	20	10,210	39,449	13	—	15	40,841
9,659	(3,1750)	8	14 $\frac{1}{2}$	9,975	41,330	14	—	20	43,982
9,862	3,25	—	15	10,210	42,483	14	—	15	43,982
10,333	3,5	—	20	10,956	42,848	(14,5143)	1 $\frac{3}{4}$	20	45,598
10,621	3,5	—	15	10,956	44,146	(14,5143)	1 $\frac{3}{4}$	14 $\frac{1}{2}$	45,598
10,712	(3,6286)	7	20	11,400	44,282	15	—	20	47,124
11,037	(3,6286)	7	14 $\frac{1}{2}$	11,400	45,518	15	—	15	47,124
11,071	3,75	—	20	11,781	47,234	16	—	20	50,265
11,380	3,75	—	15	11,781	48,552	16	—	15	50,265
11,808	4	—	20	12,566	49,989	(16,9333)	1 $\frac{1}{2}$	20	53,198
12,138	4	—	15	12,566	51,503	(16,9333)	1 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	53,198
12,497	(4,2333)	6	20	13,299	53,139	18	—	20	56,549
12,547	4,25	—	20	13,352	54,622	18	—	15	56,549
12,876	(4,2333)	6	14 $\frac{1}{2}$	13,299	59,043	20	—	20	62,832

для $m=12$ принят допуск на основной шаг в 0,025 мм, то нарезать заменяемое колесо инструментом, имеющим $m=12$ и $\alpha_0=20^\circ$, нельзя. Здесь приходится считать, что t_0 расшифровываемой передачи в табл. 5 не оказалось. Если же передача относится к третьему классу точности, где по табл. 6 допуск на основной шаг при модуле $m=12$ равен 0,045 мм, то нарезать ее инструментом, имеющим $m=12$ и $\alpha_0=20^\circ$, можно. В этом случае следует считать, что t_0 передачи содержится в табл. 5.

Таблица 6

Класс точности	Модуль нормальный m_n	Диаметры колес в мм						
		40—100	100—200	200—400	400—800	800—1200	1200—1600	1600—2000
		Допуски на основной шаг в микронах						
1	1—2,25				± 8			
	2,25—4				± 8			
	4—6				± 10			
	6—8				± 10			
	8—10				± 12			
2	1—2,25				± 12			
	2,25—4				± 15			
	4—6				± 18			
	6—8				± 20			
	8—10				± 20			
	10—14				± 25			
	14—20				± 30			
3	1—2,25				± 20			
	2,25—4				± 25			
	4—6				± 30			
	6—8				± 35			
	8—10				± 40			
	10—14				± 45			
4	14—20				± 50			
	до 4	± 60	± 70	± 80	± 100	± 110	± 130	—
	4—6	± 60	± 70	± 80	± 100	± 120	± 140	± 170
	6—8	± 70	± 80	± 90	± 110	± 130	± 150	± 180
	8—10	± 80	± 80	± 100	± 120	± 140	± 160	± 180
	10—14	—	± 90	± 110	± 130	± 150	± 170	± 190
	14—20	—	± 100	± 120	± 140	± 160	± 180	± 200

При расшифровке могут встретиться два случая: когда найденное значение t_0 оказалось в табл. 5 и когда его там нет.

В первом случае следует взять исходный контур с теми параметрами m (или DP) и α_0 , которые соответствуют этому значению t_0 . Далее нужно найти значение коэффициента смещения ξ , при котором получается требуемая толщина зуба. Затем следует найти значения коэффициентов f_d и c' , при которых достигаются нужные размеры D_e и D_i , определяющие при данном A требуемые радиальные зазоры. Во втором случае исходный контур будет специальным либо по параметру α_d , либо по m (или DP), либо по ним обоим.

Прямозубые передачи

При расшифровке зацепления прямозубых передач исходными являются следующие величины (рис. 5 и 6):

- 1) числа зубьев z_1 и z_2 ;
- 2) межосевое расстояние A ;
- 3) длина общей нормали L_1'' и L_2'' при охвате n_1 и n_2 впадин;
- 4) длина общей нормали L_2' при охвате $(n_2 - 1)$ впадин;
- 5) диаметры окружностей выступов D_{e1} и D_{e2} ;
- 6) диаметры окружностей впадин D_{i1} и D_{i2} ;
- 7) боковой зазор по нормали к профилям зубьев c_n .

При измерении величины L число впадин в обхвате надо выбирать так, чтобы прибор касался эвольвентной части профиля, а не кромок и переходных кривых. Боковой зазор c_n можно определить, например, по наименьшей толщине свинцовой пластинки, заложённой между зубьями и сжатой путём проворачивания колес.

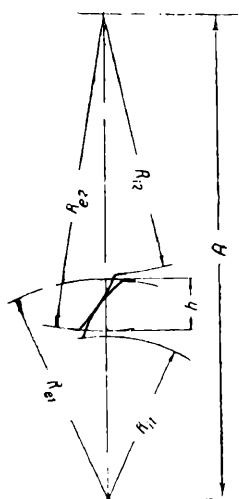


Рис. 5. Схема фланкированного зуба

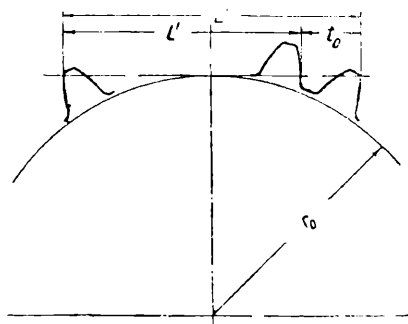


Рис. 6. Общая нормаль и основной шаг

При расшифровке зацеплений вычисления производятся по следующим уравнениям:

$$t_0 = L_2'' - L_2'; \quad (1)$$

$$s_{01}' = L_1' - t_0 n_1; \quad (2)$$

$$s_{02} = L_2'' - t_0 n_2; \quad (3)$$

$$s_{01} = s_{01}' + c_n; \quad (4)$$

$$m_0 = \frac{t_0}{\pi}; \quad (5)$$

$$d_{01} = m_0 z_1; \quad (6)$$

$$d_{02} = m_0 z_2; \quad (7)$$

$$s_{0c} = s_{01}' + s_{02}; \quad (8)$$

$$d_{0c} = d_{01} + d_{02}; \quad (9)$$

$$\text{inv } \alpha = \frac{s_{0c} - t_0}{d_{0c}}; \quad (10)$$

$$\mu_{01} = \frac{s_{01}}{d_{01}}; \quad (11)$$

$$\mu_{02} = \frac{s_{02}}{d_{02}}; \quad (12)$$

$$\gamma_{01} = \mu_{01} - \frac{\pi}{2z_1} - \text{inv } \alpha; \quad (13)$$

$$\gamma_{02} = \mu_{02} - \frac{\pi}{2z_2} - \text{inv } \alpha; \quad (14)$$

$$\xi_1 = \gamma_{01} \frac{z_1}{2} \text{ctg } \alpha; \quad (15)$$

$$\xi_2 = \gamma_{02} \frac{z_2}{2} \text{ctg } \alpha; \quad (16)$$

$$m = \frac{m_0}{\cos \alpha_0}; \quad (17)$$

$$R_{i1}' = \frac{R_{i1}}{m}; \quad (18)$$

$$R_{i2}' = \frac{R_{i2}}{m}; \quad (19)$$

$$R_{ec} = R_{e1} + R_{e2}; \quad (20)$$

$$(f_d + c')_1 = \frac{z_1}{2} + \xi_1 - R_{i1}'; \quad (21)^{*2}$$

$$(f_d + c')_2 = \frac{z_2}{2} + \xi_2 - R_{i2}'; \quad (22)^{*2}$$

$$(f_d + c') = \frac{(f_d + c')_1 + (f_d + c')_2}{2}; \quad (23)^{*2}$$

$$R_c = R_{e1} + R_{e2} + R_{i1} + R_{i2}; \quad (24)$$

$$c' = \frac{2A - R_c}{2m}; \quad (25)$$

$$f_d = (f_d + c') - c'; \quad (26)$$

$$h = R_{ec} - A. \quad (27)$$

*2 Уравнения (21), (22) и (23) в применении к зубчатым колесам, нарезанным долбяками, не дают точных результатов.

Эти уравнения нетрудно вывести, пользуясь общими уравнениями эвольвентного зацепления¹.

Поскольку боковой зазор прибавлен к толщине зуба шестерни [уравнение (4)], зубья рассматриваются, как находящиеся в плотном зацеплении. Следует учесть, что при окончательном определении размеров требуемый боковой зазор должен быть получен за счет обязательного утонения зубьев только того колеса, которое заменяется.

Применение приведенных выше уравнений показано на ряде примеров, сведенных в табл. 7 и исчерпывающих большинство встречающихся в практике случаев. Здесь пп. 1—13 содержат величины, получаемые путем обмеров передачи; пп. 14—42 дают величины, определяемые по уравнениям. Для упрощения расчетов углы взяты в градусах и десятичных долях их.

Пример 1. По уравнению (1) оказалось, что $t_0 = 14,76$. В табл. 5 этому шагу соответствуют $\alpha_d = 20^\circ$ и $m = 5$. Эти величины и принимаются. Дальше, производя вычисления по уравнениям, номера которых указаны в табл. 7, находим все другие нужные величины. Здесь величины ξ_1 и ξ_2 весьма незначительны, и можно считать, что в данном случае имеется нулевое зацепление. Отрицательное значение $\xi_2 = -0,03$ получилось, очевидно, потому, что зуб колеса для обеспечения бокового зазора был утонен. Положительное значение $\xi_1 = 0,029$ объясняется тем, что весь боковой зазор c_n , повидимому, был прибавлен к толщине зубьев шестерни, как это следует из уравнения (4). Сумма $\xi_c = 0$. Величины $(f_d + c')_1$ и $(f_d + c')_2$ должны бы получиться одинаковыми, но этого нет, поскольку весь боковой зазор прибавлен к толщине зуба шестерни. Более правильное значение $(f_d + c')$ получится, согласно уравнению (23), как среднее арифметическое.

В результате сказанного можно сделать вывод, что в этом случае принят исходный контур с $\alpha_d = 20^\circ$, $m = 5$, $f_d = 1$ и $c' = 0,2$. Зацепление нулевое, но для обеспечения бокового зазора при нарезании шестерни следует уменьшить найденное значение коэффициента смещения. Возможно, что его придется взять отрицательным, равным, например, $\xi_1 = -0,03$. Кроме того, здесь $h = 2m = 10$ мм. Всем этим расшифровка заканчивается.

Пример 2. Основной шаг $t_0 = 14,76$ мм, в связи с чем, пользуясь табл. 5, берем $\alpha_d = 20^\circ$ и $m = 5$. Сумма смещений $\xi_c = \xi_1 + \xi_2 = 0,53 + + (-0,53) = 0$. Следовательно, зацепление — смещенно-нулевое. Это подтверждается и тем, что угол зацепления по уравнению (10) равен 20° . Крайне малое отклонение ($20,0000^\circ - 19,9979^\circ = 0,0021^\circ$) вызвано, очевидно, небольшими неточностями в обмерах или в изготовлении. Можно полагать, что теоретически было принято $\xi_1 = 0,5$ и $\xi_2 = -0,5$. Величина же $\xi_2 = -0,53$ была получена потому, что достигнуто необходимое утонение зуба добавочным относительным заглублением в $-0,03$, а величина $\xi_1 = +0,53$ потому, что весь боковой зазор c_n прибавлен к толщине зуба шестерни. Здесь $h = 2m = 10$ мм.

Исходный контур имеет: $\alpha_d = 20^\circ$, $m = 5$, $f_d = 1$ и $c' = 0,2$.

Пример 3. Основной шаг $t_0 = 14,76$ мм. Берем исходный контур с $\alpha_d = 20^\circ$ и $m = 5$. Угол зацепления отличен от α_d и равен $\alpha = 22,5833^\circ$. Сумма смещений $\xi_c = 0,6283 + 0,3706 = 0,9989 \approx 1$. Можно принять, что теоретически $\xi_1 = 0,6$ и $\xi_2 = 0,4$. По расчету в табл. 7 величина ξ_1 примерно на 0,03 больше, а ξ_2 настолько же меньше. Это объясняется тем, что весь боковой зазор прибавлен к толщине зуба шестерни,

¹ Я. И. Дикер, Эвольвентное зацепление с прямыми зубьями, Москва, Оргметалл, 1935; проф. Х. Ф. Кетов, Эвольвентное зацепление, Госмашметиздат, Москва — Ленинград, 1934; и др.

а толщина зуба колеса уменьшена против теоретического значения В данном случае $c' = 0,2$ и $f_d = 1$.

Пример 4. Основной шаг $t_0 = 29,02$ мм и в табл. 5 не содержится. Следовательно, для нарезания передачи применяется инструмент, исходный контур которого имеет специальное значение либо α_d , либо m , либо того и другого. По указанной выше методике находим угол зацепления ($\alpha = 24,4083^\circ$) и основной модуль ($m_0 = 9,239$).

Далее задаемся рядом возможных значений α_d , например от 19 до 27° через 1° , и для всех их определяем по уравнениям (15), (16), (17), (21) и (22) соответственно величины ξ_1 , ξ_2 , m , $(f_d + c')_1$ и $(f_d + c')_2$.

Для удобства решения строим графически зависимости этих величин от α_d , как показано на рис. 7, а также добавляем кривую ξ_c . Существует бесчисленное количество исходных контуров, которые, имея одно и то же значение $m_0 = 9,239$, т. е. один и тот же основной шаг $t_0 = 29,02$, различаются значениями α_d и m . Все эти исходные контуры могут дать правильное зацепление. Только для обеспечения нужных толщин зубьев следует надлежащим образом выбрать коэффициент смещения, а для получения требуемых радиальных зазоров соответственно выбрать коэффициент $(f_d + c')$. Например, если взять $\alpha_d = 21^\circ$, то $m = 9,896$, $\xi_1 = 0,5294$, $\xi_2 = 0,5525$, $(f_d + c')_1 = 1,0917$ и $(f_d + c')_2 = 1,0860$. Однако на исходном контуре последние две величины не могут быть осуществлены одновременно, в связи с чем придется идти на некоторое отклонение от заданных радиальных зазоров.

Интересен случай, когда $\alpha_d = 24,4083^\circ$, т. е. α_d равно углу зацепления, чему соответствует $m = 10,1442$. В этом случае $\xi_1 = 0,2421$ и $\xi_2 = -0,2421$, что дает $\xi_c = 0$; т. е. получилось, как и следовало ожидать при $\alpha = \alpha_d$, смещенно-нулевое зацепление.

Теперь нужно решить, какое значение α_d следует взять. Очевидно, это значение надлежит выбрать так, чтобы $(f_d + c')_1 = (f_d + c')_2$. Таких случаев на рис. 7 имеется два: они обозначены точками a и b . Для точки a : $(f_d + c')_1 = (f_d + c')_2 = 1,14$, $\alpha_d = 19,65^\circ$, $m = 9,81$, $\xi_1 = 0,65$ и $\xi_2 = 0,87$. Для точки b : $(f_d + c')_1 = (f_d + c')_2 = 1,05$, $\alpha_d = 22,5^\circ$, $m = 10$, $\xi_1 = 0,4$ и $\xi_2 = 0,2$. Первый случай маловероятен, во-первых, потому, что здесь α_d и m имеют „дикие“ значения; во-вторых, поскольку глубина захода $h = 15,77$ и $m \approx 10$, то $f_d \approx 0,8$, что приводит к непомерно большому радиальному зазору $c' = 0,34$. Второй случай дает стандартный модуль $m = 10$, профильный угол $\alpha_d = 22,5^\circ$ (тоже иногда

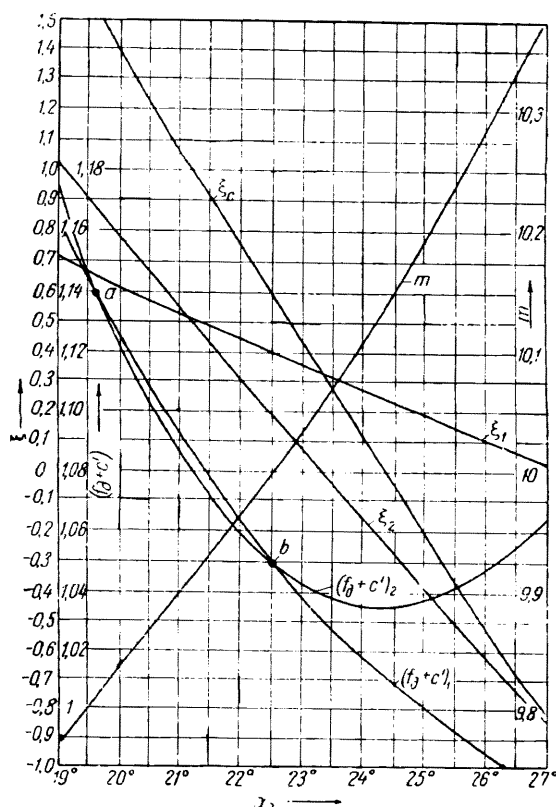


Рис. 7. График для определения элементов зацепления

№ п/п	Дано	Ищется		№ п р и			
		элемент зацепления	№ урав- нения	1	2	3	4
1	z_1	—	—	20	20	20	18
2	z_2	—	—	86	86	86	62
3	A	—	—	265	265	269,70	405,77
4	L''_1	—	—	38,20	39,91	40,25	79,65
5	L''_2	—	—	160,91	159,20	162,28	231,39
6	L'_2	—	—	146,15	144,44	147,52	202,37
7	n_1	—	—	2	2	2	2
8	n_2	—	—	10	10	10	7
9	R_{e1}	—	—	55	57,50	57,70	101,77
10	R_{e2}	—	—	220	217,50	221,70	319,77
11	R_{i1}	—	—	44,00	46,50	47,00	83,50
12	R_{i2}	—	—	209,00	206,50	211,00	301,50
13	c_n	—	—	0,20	0,20	0,20	0,30
14	—	t_0	1	14,76	14,76	14,76	29,02
15	—	s'_{01}	2	8,68	10,39	10,73	21,01
16	—	s_{02}	3	13,30	11,39	14,67	28,25
17	—	s_{01}	4	8,88	10,59	10,93	21,31
18	—	m_0	5	4,699	4,699	4,699	9,239
19	—	d_{01}	6	93,970	93,970	93,970	166,299
20	—	d_{02}	7	404,068	404,068	404,068	572,806
21	—	s_{0c}	8	22,18	22,18	25,60	49,56
22	—	d_{0c}	9	498,038	498,038	498,038	739,105
23	—	$\text{inv } \alpha$	10	0,014900	0,014900	0,021765	0,027790
24	—	α°	—	19,9979	19,9979	22,5833	24,4083
25	—	μ_{01}	11	0,094498	0,112695	0,116314	0,128143
26	—	μ_{02}	12	0,032915	0,028683	0,036306	0,049319
27	—	α_∂	—	20	20	20	22,5
28	—	γ_{01}	13	0,001054	0,019251	0,022870	0,019363
29	—	γ_{02}	14	-0,000254	-0,004486	0,003137	0,002470
30	—	ξ_1	15	0,0290	0,5289	0,6283	0,4207
31	—	ξ_2	16	-0,0300	-0,5300	0,3706	0,1849
32	—	m	17	5,0000	5,0000	5,0000	10,0000
33	—	R'_{i1}	18	8,8000	9,3000	9,4000	8,3500
34	—	R'_{i2}	19	41,8000	41,3000	42,2000	30,1500
35	—	R_{ec}	20	275,00	275,00	279,40	421,54
36	—	$(f_\partial + c')_1$	21	1,2290	1,2289	1,2283	1,0707
37	—	$(f_\partial + c')_2$	22	1,1700	1,1700	1,1706	1,0349
38	—	$f_\partial + c'$	23	1,200	1,200	1,200	1,053
39	—	R_c	24	528,00	528,00	534,40	806,54
40	—	c'	25	0,200	0,200	0,200	0,250
41	—	f_∂	26	1,00	1,00	1,00	0,80
42	—	h	27	10,00	10,00	9,70	15,77

Таблица 7

м е р а

5	6	7	8	9	10	11
13	20	22	19	20	20	16
67	80	68	77	40	60	84
254	423,34	360	218	150	145,14	425,83
30,22	66,77	62,81	46,38	38,20	27,75	65,92
164,16	246,54	208,21	174,56	83,88	72,58	272,02
135,41	220,79	183,53	156,58	69,12	61,97	247,44
1	2	2	2	2	2	2
8	9	8	9	5	6	10
49,15	66,30	98,37	63,78	53,75	39,12	78,70
217,55	343,97	277,63	236,22	103,75	111,69	364,03
35,18	78,04	81,03	50,58	45,25	32,73	60,48
203,58	325,71	260,30	223,02	95,25	105,30	345,81
0,20	0,25	0,30	0,20	0,20	0,15	0,30
18,75	25,75	24,28	17,98	14,76	10,71	24,58
11,47	15,27	14,25	10,42	8,68	6,33	16,76
14,16	14,79	19,97	12,74	10,08	8,32	26,22
11,67	15,52	14,55	10,62	8,88	6,48	17,06
5,967	8,197	7,727	5,722	4,699	3,410	7,822
77,572	163,940	170,003	108,724	93,970	68,196	125,155
399,792	635,762	525,463	440,619	187,939	204,588	557,066
25,83	30,31	28,52	23,36	18,96	14,80	43,28
477,364	819,702	695,466	549,343	281,909	272,784	782,221
0,014831	0,005563	0,006197	0,009793	0,014900	0,014993	0,023906
19,9683	14,5154	14,9577	17,4076	19,9979	20,0383	23,2691
0,150442	0,094669	0,085587	0,097678	0,094498	0,095020	0,136310
0,035418	0,022554	0,026586	0,028914	0,053634	0,040667	0,039005
20	14,5	15	17,5	20	20	22,5
0,014708	0,010584	0,008037	0,005139	0,001004	0,001576	0,016621
-0,002931	-0,002626	-0,002664	-0,001332	-0,000540	-0,000017	-0,000309
0,2627	0,4093	0,3299	0,1548	0,0290	0,0433	0,3210
-0,2698	-0,4062	-0,3380	-0,1626	-0,0237	-0,0014	-0,0313
6,3500	8,4667	8,0000	6,0000	5,0000	3,6286	8,4667
5,5401	9,2173	10,1288	8,4300	9,0500	9,0199	7,1433
32,0598	38,495	32,5375	37,1700	19,0500	29,0192	40,8437
266,70	440,27	376,00	300,00	157,50	150,81	442,73
1,2225	1,1919	1,2012	1,2248	0,9790	1,0234	1,1777
1,1704	1,1243	1,1245	1,1673	0,9203	0,9794	1,1250
1,200	1,158	1,163	1,196	0,950	1,001	1,152
505,46	844,02	717,33	573,60	298,00	288,84	849,02
0,200	0,157	0,165	0,200	0,200	0,218	0,156
1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,78	1,00
12,70	16,93	16,00	12,00	17,50	5,67	16,90

применяющийся), и радиальный зазор $c' = 0,25$. Можно с уверенностью сказать, что здесь принят именно этот исходный контур, в связи с чем выбираем по табл. 7 $\alpha_d = 22,5^\circ$ и в дальнейших расчетах исходим из этого профильного угла. Отклонение величин ξ_1 и ξ_2 от их теоретических значений (0,4 и 0,2) объясняется так же, как и в предыдущих примерах.

Пример 5. Применяя уже принятую последовательность действий, находим по табл. 5, что при $t_0 = 18,75$ надлежит взять $\alpha_d = 20^\circ$ и $DP = 4$. Теоретически $\xi_1 = 0,24$ и $\xi_2 = -0,24$, следовательно, здесь смещенно-нулевое зацепление, причем ξ_1 взято так, что при данном α_d и f_d шестерня находится на пределе подрезания. Дальше $c' = 0,2$ и $f_d = 1$.

Пример 6. Здесь $\alpha_d = 14,5^\circ$ и $DP = 3$. Смещенно-нулевое зацепление с теоретическими значениями $\xi_1 = 0,374$ и $\xi_2 = -0,374$, при которых шестерня для данного α_d и f_d находится на пределе подрезания. Дальше $c' = 0,157$ и $f_d = 1$.

Пример 7. $\alpha_d = 15^\circ$, $m = 8$, $f_d = 1$, $c' = 0,167$ ($c' = 1:6$). Теоретически $\xi_1 = 0,3$ и $\xi_2 = -0,3$, чем при смещенно-нулевом зацеплении избегается подрезание шестерни.

Пример 8. Основной шаг $t_0 = 17,98$ в табл. 5 не содержится. Поступая так, как в примере 4, находим, что $\alpha_d = 17,5^\circ$, $m = 6$, $f_d = 1$ и $c' = 0,2$. Теоретически $\xi_1 = 0,13$ и $\xi_2 = -0,13$, вследствие чего при смещенно-нулевом зацеплении только избегается подрезание шестерни.

Пример 9. $\alpha_d = 20^\circ$, $m = 5$, $f_d = 0,75$, $c' = 0,2$ и теоретически $\xi_1 = 0$ и $\xi_2 = 0$. Как видно из табл. 4, можно считать, что здесь применен двухмодульный исходный контур с $m_t : m_h = 5:3,75$.

Пример 10. $\alpha_d = 20^\circ$, $DP = 7$, $f_d = 0,78$, $c' = 0,2$ и теоретически $\xi_1 = 0$ и $\xi_2 = 0$.

Основываясь на табл. 3, можно сделать вывод, что в данном случае применен двухшпичевый исходный контур с $DP_t : DP_h = 7:9$.

Пример 11. $t_0 = 24,58$ мм в табл. 5 не содержится. Рассуждая и действуя, как в примере 4, найдем: $\alpha_d = 22,5^\circ$, $DP = 3$, $f_d = 1$, $c' = 0,157$ и теоретически $\xi_1 = 0,3$ и $\xi_2 = 0$.

Косозубые передачи

Приступая к расшифровке косозубых передач, следует при помощи обмеров найти те же величины, что и в прямозубых передачах, и, кроме того, еще осевой шаг t_a . Вычисления производятся по приводимым ниже уравнениям.

$$t_{0n} = L''_{n2} - L'_{n2}; \quad (28)$$

$$\sin \beta_0 = \frac{t_{0n}}{t_a}; \quad (29)$$

$$\sin \alpha_{ds} = \frac{\sin \alpha_{dn}}{\cos \beta_0}; \quad (30)$$

$$t_{os} = \frac{t_{0n}}{\cos \beta_0}; \quad (31)$$

$$s'_{0n1} = L''_{n1} - t_{an}n_1; \quad (32)$$

$$s_{0n2} = L''_{n2} - t_{0n}n_2; \quad (33)$$

$$s_{0n1} = s'_{0n1} + c_n; \quad (34)$$

$$s_{0s1} = \frac{s_{0n1}}{\cos \beta_0}; \quad (35)$$

$$s_{0s2} = \frac{s_{0n2}}{\cos \beta_0}; \quad (36)$$

$$m_{0s} = \frac{t_{0s}}{\pi}; \quad (37)$$

$$d_{01} = m_{0s}z_1; \quad (38)$$

$$d_{02} = m_{0s}z_2; \quad (39)$$

$$s_{0sc} = s_{0s1} + s_{0s2}; \quad (40)$$

$$d_{0c} = d_{01} + d_{02}; \quad (41)$$

$$\text{inv } \alpha_s = \frac{s_{0sc} - t_{0s}}{d_{0c}}; \quad (42)$$

$$\mu_{0s1} = \frac{s_{0s1}}{d_{01}}; \quad (43)$$

$$u_{0s2} = \frac{s_{0s2}}{d_{02}}; \quad (44)$$

$$\gamma_{0s1} = u_{0s1} - \frac{\pi}{2z_1} - \text{inv } \alpha_{ds}; \quad (45)$$

$$\gamma_{0s2} = u_{0s2} - \frac{\pi}{2z_2} - \text{inv } \alpha_{ds}; \quad (46)$$

$$\xi_{s1} = \gamma_{0s1} \frac{z_1}{2} \text{ctg } \alpha_{ds}; \quad (47)$$

$$\xi_{s2} = \gamma_{0s2} \frac{z_2}{2} \text{ctg } \alpha_{ds}; \quad (48)$$

$$\sin \alpha_{dn} = \sin \alpha_{ds} \cos \beta_0; \quad (49)$$

$$m_{0n} = \frac{t_{0n}}{\pi}; \quad (50)$$

$$m_n = \frac{m_{0n}}{\cos \alpha_{dn}}; \quad (51)$$

$$m_s = \frac{m_{0s}}{\cos \alpha_{ds}}; \quad (52)$$

$$\text{tg } \beta_0 = \frac{\text{tg } \beta_0}{\cos \alpha_{ds}}; \quad (53)$$

$$R_{e1} = R_{e1} + R_{e2}; \quad (54)$$

$$h = R_{e1} - A; \quad (55)$$

$$(f_{ds} + c'_s)_1 = \frac{z_1}{2} + \xi_1 - \frac{R_{t1}}{m_s}; \quad (56)^{**}$$

$$(f_{ds} + c'_s)_2 = \frac{z_2}{2} + \xi_2 - \frac{R_{t2}}{m_s}; \quad (57)^{**}$$

$$R_{ic} = R_{i1} + R_{i2}; \quad (58)$$

$$R_c = R_{ec} + R_{ic}; \quad (59)$$

$$c'_s = \frac{2A - R}{2m_s}; \quad (60)$$

$$(f_d + c'_s) = \frac{(f_d + c'_s)_1 + (f_d + c'_s)_2}{2}; \quad (61)^{**}$$

$$f_{ds} = (f_{ds} + c'_s) - c'_s; \quad (62)$$

$$\xi_{n1} = \frac{\xi_{s1}}{\cos \beta_0}; \quad (63)$$

$$\xi_{n2} = \frac{\xi_{s2}}{\cos \beta_0}; \quad (64)$$

$$f_{dn} = \frac{f_{ds}}{\cos \beta_0}; \quad (65)$$

$$c'_n = \frac{c'_s}{\cos \beta_0}; \quad (66)$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha_{dn} &= \frac{s_2 - s_1}{2(H_2 - H_1)} = \\ &= \frac{s_3 - s_1}{2(H_3 - H_1)} = \frac{s_3 - s_2}{2(H_3 - H_2)}; \end{aligned} \quad (67)$$

$$t_{0n} = t_n \cos \alpha_{dn}; \quad (68)$$

$$\xi_n = \frac{\pi m_n - 2s}{4m_n \text{tg } \alpha_{dn}}; \quad (69)$$

$$T = \frac{2\pi l}{x}; \quad (70)$$

$$t_a = \frac{T}{z}; \quad (71)$$

$$r = km \sin \alpha + \frac{am}{2} \cos \alpha. \quad (72)$$

Расшифровка зацепления косозубых передач осложняется тем, что у них, в отличие от прямозубых, торцевое и нормальное сечения не совпадают. В косозубых передачах стандартные значения α_d и m принимают либо в нормальном, либо в торцевом сечении, но иногда бывает, что стандартное значение α_d принято в торцевом сечении, а стандартное значение m в нормальном сечении, или наоборот. Все это и необходимо выяснить при расшифровке.

Если косозубое или шевронное колесо было нарезано червячной фрезой (станок типа Пфаутер) или прямозубой гребенкой (станок Мааг или Паркинсон), то можно почти с уверенностью сказать, что здесь α_d и m отнесены к нормальному сечению независимо от того, имеют они стандартные или специальные значения. Если же такое колесо нарезалось косозубыми долбьяками (станки Лоренц-Сайкс, Фаррель-Сайкс, Сайкс, Феллоу и др.) или косозубыми гребенками (станок Паркинсон), то α_d и m вероятнее всего отнесены к торцевому сечению независимо от того, имеют они стандартные или специальные значения. Коэффициенты же ξ , f_d и c' всегда относят к тому же сечению, что и модуль.

Отметим еще, что уравнения (42), (47) и (48), являющиеся основными, отнесены к торцевому сечению, поскольку они выведены для

** Уравнения (56), (57) и (61) в применении к зубчатым колесам, нарезанным долбьяками, не дают точных результатов.

эвольвентных профилей, а эвольвентная форма зубьев косозубых или шевронных колес имеется, как известно, только в торцевом сечении.

Пользование уравнениями (28—72) показано на ряде примеров (табл. 8), охватывающих большинство случаев, встречающихся в практике.

Пример 12. Нормальный основной шаг $t_{0n} = 14,76$ мм косозубой передачи содержится в табл. 5; ему соответствуют $\alpha_{0n} = 20^\circ$ и $m_n = 5$, которые и занесены в табл. 8 под пп. 18 и 42. Определяем последовательно по соответствующим уравнениям величины, приведенные в табл. 8; коэффициенты ξ , f и c' относим к нормальному сечению, поскольку к нему же отнесен и расчетный модуль. Здесь ξ_{n1} и ξ_{n2} крайне незначительно отличаются от нуля, поэтому зацепление можно считать нулевым. Так как расчет велся в предположении плотного зацепления, то при нарезании шестерни нужно учесть, что боковой зазор c_n должен быть получен за счет утонения только ее зубьев.

Резюмируя, можно сказать, что в данном примере исходный контур отнесен к нормальному сечению, причем его параметры будут: $\alpha_{0n} = 20^\circ$, $m_n = 5$, $f_{0n} = 1$, $c'_n = 0,2$. Смещения его ξ_{n1} и ξ_{n2} теоретически равны нулю. Угол наклона зубьев на делительном цилиндре $\beta_0 = 9^\circ$.

Пример 13. Поступая так же, как и в предыдущем примере, устанавливаем: $\alpha_{0n} = 20^\circ$, $m_n = 5$, $f_{0n} = 1$, $c'_n = 0,2$, $\beta_0 = 9^\circ$; смещения теоретически будут равны: $\xi_{n1} = 0,5$ и $\xi_{n2} = -0,5$.

Пример 14. $\alpha_{0n} = 20^\circ$, $m_n = 5$, $f_{0n} = 1$, $c'_n = 0,2$, $\beta_0 = 9^\circ$. Смещения теоретически будут: $\xi_{n1} = 0,5$ и $\xi_{n2} = 0,3$.

Пример 15. Шевронная передача — больших размеров: $\alpha_{0n} = 20^\circ$, $m_n = 10$, $f_{0n} = 1,175$, $c'_n = 0,2$, $\beta_0 = 35,3177^\circ$. Теоретически $\xi_{n1} = 0,17$ и $\xi_{n2} = -0,27$. Особенностью этой передачи является высокий зуб, принимаемый иногда некоторыми фирмами (например Крупп) в шевронных передачах.

Пример 16. Шевронная передача с острым углом шеврона. Ни нормальный основной шаг $t_{0n} = 23,97$ мм, ни торцевой основной шаг $t_{0s} = 27,27$ мм в табл. 5 не содержатся. По уравнениям (37) и (50) находим соответственно: $m_{0s} = 8,6802$, $m_{0n} = 7,6299$ и заносим их в табл. 8 (пп. 27 и 41). Теперь, как в примере 4, задаемся рядом значений α_{0n} и находим по уравнению (51) соответствующие им при $m_{0n} = 7,6299$ значения m_n .

Также задаемся рядом значений α_{0s} и находим по уравнению (52) соответствующие им при $m_{0s} = 8,6802$ значения m_s . При $\alpha_{0n} = 17,5^\circ$ получается $m_n = 8$. Фирма Фаррель-Сайкс (США), нарезающая шевронные колеса на изготавливаемых ею станках косозубыми долбяками, принимает в последних $\alpha_{0n} = 17,5^\circ$. Это при угле наклона зубьев долбяков на их делительном цилиндре $\beta_0 = 30^\circ$ дает с практически достаточной точностью $\alpha_{0s} = 20^\circ$. Очевидно, здесь имеется такой именно случай.

В торцевом сечении получаем наиболее подходящий вариант: $\alpha_{0s} = 20^\circ$, $m_s = 9,2376$. Хотя и по этому варианту могла бы быть нарезана передача, но он мало вероятен ввиду нестандартного m_s . Принимаем первый вариант, по которому и проводим данный в табл. 8 расчет. В результате получаем: $\alpha_{0n} = 17,5^\circ$, $m_n = 8$, $f_{0n} = 0,8$, $c'_n = 0,3$, $\beta_0 = 30^\circ$. Теоретически смещения здесь равны: $\xi_{n1} = 0,15$ и $\xi_{n2} = 0$. При нарезании шестерни необходимо дополнительное углубление исходного контура, которое обеспечивает боковой зазор.

Пример 17. Шевронная передача с прерывным зубом. Вычисления показывают, что ни нормальный основной шаг $t_{0n} = 30,09$ мм, ни торцевой основной $t_{0s} = 35,738$ мм в табл. 5 не содержатся. Как и в примере 16, определяем m_{0s} и m_{0n} по уравнениям (37) и (50). Дальше,

задаваясь рядом значений $\alpha_{\partial n}$, находим по уравнению (51) соответствующие им m_n , и задаваясь рядом значений $\alpha_{\partial s}$, вычисляем по уравнению (52) соответствующие им m_s . В первом случае обнаруживается, что если принять $m_n=10$, то $\alpha_{\partial n}=16,7363^\circ$. Во втором случае при $\alpha_{\partial s}=20^\circ$ модуль $m_s=12,1058$. Все другие варианты дают нестандартные значения для m и α_{∂} . Принимаем исходную рейку со стандартным нормальным модулем $m_n=10$ и стандартным торцевым углом $\alpha_{\partial s}=20^\circ$. По этим данным и проведен расчет (табл. 8). Получаем: $\alpha_{\partial s}=20^\circ$, $m_n=10$, $f_{\partial n}=1$, $c'_n=0,2$, $\beta_{\partial}=34,2914^\circ$. Коэффициенты смещения исходного контура теоретически будут $\xi_{n1}=0,3$ и $\xi_{n2}=0$.

Пример 18. В табл. 5 указан торцевой основной шаг нашего случая $t_{0s}=29,52$ мм. Ему соответствуют $\alpha_{\partial s}=20^\circ$ и $m_s=10$, которые и принимаем за исходные величины приведенного в табл. 8 расчета. Последний дает $\alpha_{\partial s}=20^\circ$, $m_s=10$, $f_{\partial s}=1$, $c'_s=0,2$, $\beta_{\partial}=30^\circ$. Теоретически коэффициенты смещения: $\xi_{s1}=0,34$ и $\xi_{s2}=-0,34$.

Пример 19. Нормальный основной шаг $t_{0n}=28,09$ мм в табл. 5 содержится. Ему соответствуют $\alpha_{\partial n}=14,5^\circ$ и $DP_n=2\frac{3}{4}$, или иначе $m_n=9,2364$. По этим данным и проведен в табл. 8 расчет. Он дает $\alpha_{\partial n}=14,5^\circ$, $DP_n=2\frac{3}{4}$, $f_{\partial n}=1$, $c'_n=0,157$, $\beta_{\partial}=10^\circ$. Теоретически $\xi_{n1}=0$ и $\xi_{n2}=0$.

Пример 20. Нормальный основной шаг $t_{0n}=24,99$ мм в табл. 5 содержится. Ему соответствуют $\alpha_{\partial n}=20^\circ$ и $DP_n=3$, или иначе $m_n=8,4667$. По этим данным и выполнен расчет (табл. 8), который дает $\alpha_{\partial n}=20^\circ$, $DP_n=3$, $f_{\partial n}=1$, $c'_n=0,2$, $\beta_{\partial}=11^\circ$. Теоретически коэффициенты смещения исходного контура $\xi_{n1}=0,36$ и $\xi_{n2}=-0,36$.

Пример 21. Нормальный основной шаг $t_{0n}=17,71$ мм; ему в табл. 5 соответствует $\alpha_{\partial n}=20^\circ$ и $m_n=6$. Дальше получаем: $f_{\partial n}=1$, $c'_n=0,2$, $\beta_{\partial}=29,994^\circ$ и теоретически $\xi_{n1}=0,2$ и $\xi_{n2}=0,1$.

Пример 22. Нормальный основной шаг $t_{0n}=24,28$ мм, которому по табл. 5 соответствует $\alpha_{\partial n}=15^\circ$, $m_n=8$. Расчет дает: $f_{\partial n}=1$, $c'_n=0,2$, $\beta_{\partial}=33^\circ$ и теоретически $\xi_{n1}=0,6$ и $\xi_{n2}=0,4$.

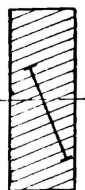


Рис. 8. Случай, когда измерение общей нормали на косозубом колесе возможно

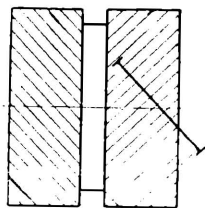


Рис. 9. Случай, когда измерение общей нормали на косозубом колесе невозможно

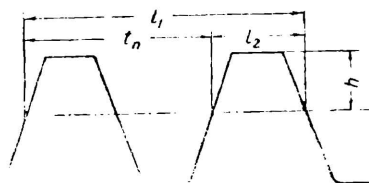


Рис. 10. Определение нормального шага при большом числе зубьев

Рассмотренные примеры дают достаточное представление о практическом применении изложенной методики. Однако иногда она не может быть соблюдена в полной мере, и в таких случаях приходится идти на некоторые приближенные способы. Таков, например, случай, когда при определении размера L штангенциркуль или микрометр ложится не так, как показано на рис. 8, а как показано на рис. 9. Такое положение может создаваться при большом угле наклона зубьев и при недостаточной ширине обода, нередко сопутствующей боль-

№ п.п.	Дано	Ищется		№ п р и			
		элемент зацепления	№ урав- нения	12	13	14	15
1	z_1	—	—	25	25	25	31
2	z_2	—	—	75	75	75	256
3	A	—	—	53,12	253,12	256,52	1757,72
4	L''_{n1}	—	—	253,38	55,09	55,09	171,05
5	L''_{n2}	—	—	130,81	129,10	181,83	1168,73
6	L'_{n2}	—	—	116,05	114,34	117,07	1139,21
7	n_1	—	—	3	3	3	5
8	n_2	—	—	8	8	8	37
9	R_{e1}	—	—	68,28	70,78	70,58	203,41
10	R_{e2}	—	—	194,84	192,34	196,14	1577,80
11	R_{i1}	—	—	57,28	59,78	59,78	177,92
12	R_{i2}	—	—	183,84	181,34	185,34	1551,31
13	c_n	—	—	0,2	0,2	0,2	0,4
14	t_a	—	—	100,41	100,41	100,41	54,34
15	—	t_{0n}	28	14,76	14,76	14,76	29,52
16	—	$\sin \beta_0$	29	0,146997	0,146997	0,146997	0,543246
17	—	β_0	—	8,4529	8,4529	8,4529	32,9049
18	—	α_{0n}	—	20	20	20	20
19	—	$\sin \alpha_{0s}$	30	0,345776	0,345776	0,345776	0,407373
20	—	t_{0s}	31	14,9221	14,9221	14,9221	35,1607
21	—	s'_{0n1}	32	9,10	10,81	10,81	23,45
22	—	s'_{0n2}	33	12,73	11,02	13,75	76,49
23	—	s_{0n1}	34	9,30	11,11	11,01	23,85
24	—	s_{0s1}	35	9,40213	11,1309	11,309	28,4073
25	—	s_{0s2}	36	12,8698	11,4100	13,9310	91,1057
26	—	m_{0s}	37	4,74985	4,74985	4,74985	11,1920
27	—	d_{01}	38	118,7463	118,7463	118,7463	346,9517
28	—	d_{02}	39	356,2389	356,2389	356,2389	2865,1494
29	—	s_{0sc}	40	22,2719	22,2719	25,0319	119,513
30	—	d_{0c}	41	474,9852	474,9852	474,9852	3812,1011
31	—	$\text{inv } \alpha_s$	42	0,015474	0,015474	0,021284	0,022127
32	—	α_s	—	20,2430	20,2430	22,4227	22,7026
33	—	α_{0s}	—	20,2291	20,2291	20,2291	24,0399
34	—	μ_{0s1}	43	0,079178	0,093737	0,093737	0,081877
35	—	μ_{0s2}	44	0,036127	0,031274	0,039022	0,031798
36	—	γ_{0s1}	45	0,000905	0,015464	0,015464	0,004718
37	—	γ_{0s2}	46	-0,000255	-0,005111	0,002637	-0,000826
38	—	ξ_{s1}	47	0,03070	0,52455	0,52455	0,16394
39	—	ξ_{s2}	48	-0,02625	-0,52010	0,26835	-0,23702
40	—	$\sin \alpha_{0n}$	49	—	—	—	—
41	—	m_{0n}	50	—	—	—	—
42	—	m_n	51	5	5	5	10
43	—	m_s	52	—	—	—	—
44	—	$\text{tg } \beta_0$	53	0,158380	0,158380	0,158380	0,708504
45	—	β_0	—	9	9	9	35,3177
46	—	R_{cc}	54	263,12	263,12	266,72	1781,21
47	—	h	55	10,00	10,00	9,80	23,49
48	—	$(f_{0s} + c'_s)_1$	56	1,215	1,215	1,215	1,146
49	—	$(f_{0s} + c'_s)_2$	57	1,157	1,157	1,155	1,095
50	—	R_{ic}	58	241,12	241,12	245,12	1730,23
51	—	R_c	59	504,24	504,24	511,84	3511,44
52	—	c_s	60	0,198	0,198	0,198	0,163
53	—	$(f_{0s} + c'_s)$	61	1,186	1,186	1,185	1,121
54	—	f_{0s}	62	0,988	0,988	0,937	0,958
55	—	ξ_{n1}	63	0,031	0,53	0,53	0,200
56	—	ξ_{n2}	64	-0,027	-0,53	0,27	-0,296
57	—	f_{0n}	65	1	1	1	1,175
58	—	c_n	66	0,2	0,2	0,2	0,2

м е р а

16	17	18	19	20	21	22
35 205 1169,71 112,47 586,46 562,49 4 23 169,25 953,25 154,06 938,06 0,25 50,27	20 90 668,63 79,65 328,76 298,67 2 10 134,00 554,61 112,03 552,65 0,3 55,77	22 203 1125,00 69,23 632,82 606,87 2 23 123,00 1022,00 101,00 1000,00 0,3 54,41	33 97 609,63 127,98 327,95 299,86 4 11 163,99 464,11 144,07 444,19 0,3 167,10	10 90 431,26 40,66 271,48 246,49 1 10 54,61 393,58 35,99 374,95 0,3 139,40	22 98 417,47 47,78 198,68 180,97 2 10 83,39 346,06 70,21 332,88 0,2 37,70	16 24 197,70 64,34 88,28 64,00 2 3 88,03 124,59 71,51 108,07 0,25 46,15
23,97 0,476825 28,4782 17,5 0,342100 27,2697 16,59 35,15 16,84 19,1582 39,9887 8,68021 303,8573 1179,4430 59,1405 2083,2503 0,015299 20,1691 20,0049 0,063060 0,022473 0,003265 -0,000104 0,15694 -0,02928 0,300706 7,62989 8 9,23757 0,577296 29,9977 1122,50 12,79 0,979 0,924 1092,12 2214,62 0,260 0,952 0,692 0,180 -0,035 0,8 0,3	30,09 0,539537 32,6521 16,7363 0,342020 35,7380 19,47 27,86 19,77 23,4809 33,9894 11,3757 227,515 1023,817 56,5703 1251,332 0,016648 20,7252 20 0,003206 0,032320 0,009762 -0,000037 0,26821 -0,004575 0,287968 9,57795 10 12,10580 0,681934 34,2914 688,61 19,98 1,014 0,596 644,68 1333,29 0,164 1,005 0,841 0,33 -0,006 1,017 0,199	25,95 0,476934 28,4853 17,4945 0,342020 29,5242 17,83 35,97 17,63 20,0582 40,9243 9,39785 206,7527 1907,7630 60,9825 2114,5157 0,014877 19,9882 20 0,097015 0,021451 0,010711 -0,001191 0,35371 -0,33246 0,300615 8,26015 8,66074 10 0,577448 30,0042 1145,00 20,00 1,225 1,264 1101,00 2246,00 0,200 1,245 1,045 — — — — —	28,09 0,168103 9,6776 14,5 0,253994 28,4955 15,62 18,96 15,92 16,1498 19,2337 9,07041 299,3235 879,8298 35,3835 1179,1533 0,005841 14,7492 14,7140 0,053954 0,021861 0,000555 -0,000132 0,03487 -0,02438 — — 9,2364 — 0,176312 9,9991 628,10 18,47 1,172 1,110 588,26 1216,35 0,155 1,141 0,986 0,035 -0,025 1 0,157	24,99 0,179268 10,3271 20 0,347652 25,4015 15,67 21,58 15,97 16,2330 21,9353 8,08556 80,8556 727,7004 38,1683 808,5560 0,015750 20,3754 20,3438 0,200764 0,030143 0,027970 -0,003024 0,37718 -0,36702 — — 8,4667 — 0,194342 10,9979 448,19 16,93 1,204 1,153 410,94 859,13 0,197 1,179 0,982 0,39 -0,38 1 0,2	17,71 0,469761 28,0188 20 0,387429 20,0613 12,36 21,58 12,56 14,2275 24,4451 6,38571 140,4856 625,7996 38,6726 766,2852 0,024288 23,3867 22,7946 0,101273 0,039062 0,007464 0,000625 0,19537 0,07287 — — — 29,9939 429,45 11,58 1,059 1,015 403,03 832,54 0,173 1,037 0,864 0,23 0,08 1 0,2	24,28 0,526110 31,7430 15 0,304344 28,5507 15,78 15,44 16,03 18,8496 18,1558 9,08797 145,4070 218,1112 37,0054 363,5182 0,023258 23,0662 17,7187 0,029633 0,083241 0,021207 0,007540 0,53100 0,28319 — — — 33,0020 212,62 14,92 1,036 0,956 179,58 392,20 0,163 0,996 0,828 0,55 0,35 0,99 0,2

шому диаметру колеса. Поскольку колесо в рассматриваемом примере имеет большое число зубьев, а приведенное число зубьев, вследствие большого угла наклона, особенно велико, можно принять, что профили зубьев в нормальном сечении прямолинейны. Тогда нормальный шаг t_n можно найти

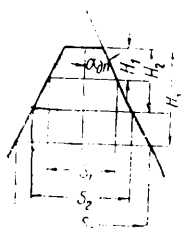


Рис. 11. Схема для определения профильного угла при большом числе зубьев

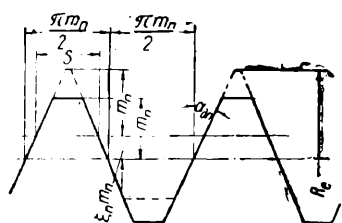


Рис. 12. Схема для определения смещения исходного контура при большом числе зубьев

по рис. 10, как разницу двух обмеров l_1 и l_2 , произведенных при одном и том же значении h , т. е. $t_n = l_1 - l_2$. Что касается $\alpha_{\delta n}$, то его, пользуясь рис. 11, можно найти по уравнению (67), после чего t_{0n} определяется по уравнению (68). Основной шаг можно также установить при помощи специального прибора, что, конечно, лучше.

Коэффициент смещения на колесе определяется, на основании рис. 12, по уравнению (69). Однако здесь необходимо иметь специальные знания по зацеплению (хотя, правда, указанные случаи встречаются редко).

Измерения

В изложенной методике основными являются уравнения (15) и (16) для прямозубых передач и уравнения (29), (47) и (48) для косозубых. Для решения этих уравнений необходимо знать длину общих нормалей L , а для косозубых передач еще и величину осевого шага t_a ; вместе с числами зубьев колес, всегда известными совершенно точно, они определяют с исчерпывающей полнотой как форму, так и взаимное положение эвольвентных поверхностей. Прочие существенные элементы зацепления, как основной шаг t_0 , параметры исходного контура α_δ и m , коэффициенты смещения его ξ и угол наклона зубьев β для косозубых колес могут быть найдены по приведенным в методике теоретическим уравнениям с любой степенью точности. Поэтому величины L и t_a следует определить возможно точнее. Влияние износа эвольвентных поверхностей на точность измерений совершенно незначительно благодаря применению уравнений (4) и (34). Это сводит все к плотному, теоретически беззазорному зацеплению, поскольку пространство между боковыми поверхностями зубьев, получившееся от первоначального бокового зазора и от износа, как бы заполняется металлом.

Так как основной целью расшифровки является определение эвольвентных поверхностей по форме и взаимному положению, то использование величин L , t_a и z является в принципе единственно правильным. Пользоваться другими какими-либо величинами — диаметрами выступов D_e и впадин D_i , межосевым расстоянием A совершенно неправильно. В приведенной методике, как видно из уравнения, эти величины служат только для определения f_δ и c' . Последние без всякого ущерба для качества зацепления можно определить с гораздо меньшей точностью, чем эвольвентные поверхности.

Кроме того, величины L и t_a можно определить с большей точностью, чем D_e , D_i , A и др. Во-первых, L и t_a по размерам обычно значительно меньше D и A ; во-вторых, L и t_a относятся к чисто обработанным поверхностям, неподвижно расположенным одна относительно другой, поскольку зубья и обод представляют одно жесткое целое. При измерении D приходится иметь дело с недостаточно чисто

обработанными поверхностями, а при измерении A дополнительно определять диаметры цапф валов колес или фальшвалов, что порождает добавочные неточности.

Размер L лучше всего определить с помощью микрометра, на наконечники которого плотно насажены плоские, чисто обработанные „шляпки“ (рис. 13), или в крайнем случае хорошим штангенциркулем. Можно также пользоваться специальной индикаторной скобой, предварительно настроенной по плиткам или штихмассу. Размер L следует измерять возможно тщательнее.

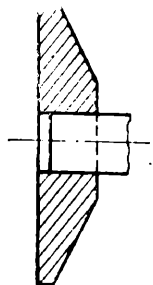


Рис. 13. „Шляпка“ к наконечникам микрометра для измерения общей нормали

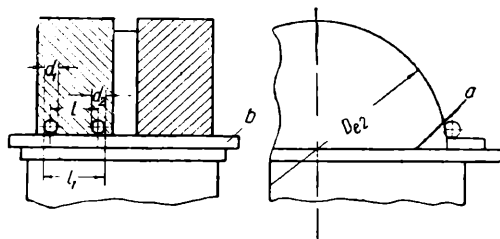


Рис. 14. Схема для определения осевого шага косозубых колес

Осевой шаг t_a косозубого или шевронного колеса можно определить, поставив колесо на прибор или на станок, где можно осуществить жестко связанные друг с другом вращательное и относительное поступательное движение вдоль оси колеса в отношении наконечника индикатора, касающегося боковой поверхности зуба. Величины поступательного движения l и угла поворота χ дают возможность по уравнению (70) определить ход винтовой линии зуба T , а затем по уравнению (71) — осевой шаг t_a .

Этот способ неудобен тем, что приходится производить излишнюю разборку и разного рода выверки; для крупных колес он почти неприменим.

Когда по ширине обода колеса помещается больше одного осевого шага (что часто бывает при косозубых колесах и всегда при шевронных), можно пользоваться другим способом определения осевого шага t_a . Этот способ не уступает первому по точности, а возможно, превосходит его. Кроме того, при нем нужны крайне простые устройства и не требуется вынимать колесо с его места.

Рассмотрим этот способ (рис. 14). Здесь с редуктора снята крышка и на плоскость разреза a положена массивная линейка b . Верхняя плоскость последней должна быть параллельна оси колеса. Во впадины зубьев закладываются два шарика, диаметры которых d_1 и d_2 могут быть одинаковы или же различны. Каждый шарик двумя точками опирается на боковые поверхности зубьев, а третьей — на линейку b . Таким образом положение шариков является вполне определенным и единственно возможным. Прижав шарики к указанным трем опорным точкам, измеряют с помощью микрометра, или, в крайнем случае, точного штангенциркуля, расстояние l_1 между наружными точками шариков. Вычтя из него сумму радиусов шариков, получают расстояние между их центрами l .

Деление l на число осевых шагов между шариками дает осевой шаг t_a .

Так как осевой шаг зубьев один и тот же для разных цилиндров, соосных с колесом, то не имеет значения, как лягут шарики — глубже

или мельче. Износ зубьев не так существен, поскольку он примерно одинаково отражается на положении обоих шариков. Точность повышается еще и тем, что измеряется сумма нескольких осевых шагов и ошибка измерения, таким образом, делится на части.

Шарики следует брать возможно большего диаметра, с тем чтобы их центры находились снаружи цилиндра выступов, но чтобы они продолжали опираться на боковые поверхности зубьев, а не на их кромки. Диаметры шариков либо подбирают, либо рассчитывают (рис. 15). Радиус шарика r , расстояние его центра от средней линии рейки km и координаты точек касания связаны уравнением (72).

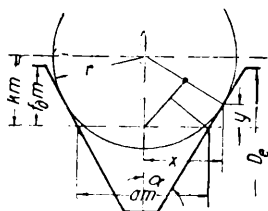


Рис. 15. К вопросу определения осевого шага косозубых колес при большом числе зубьев

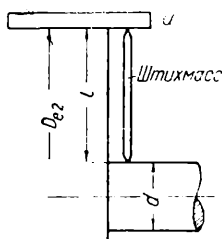


Рис. 16. Определение внешнего диаметра колеса при больших размерах

схеме, показанной на рис. 16. На цилиндр выступов кладут solidную линейку a и штихмассом измеряют размер l . Удвоив этот размер и прибавив диаметр d цапфы вала, находят D_{e2} .

Измерив высоту зуба h и вычтя удвоенную ее величину из D_{e2} , вычисляют D_{i2} .

Межосевое расстояние A лучше всего определять с помощью хорошо пригнанных и шлифованных фальшвалов. Расстояние между ними можно измерить штихмассом по внутренним точкам или микрометром или штангенциркулем по наружным точкам. Эти же фальшвалы могут быть использованы при ремонте подшипников.

Положив на выступающие концы фальшвалов линейки и проверяя их горизонтальность с помощью уровня, можно определить перекося осей, а измеряя расстояние между концами фальшвалов определить параллельность осей. Допустимость отклонений следует проверять по ГОСТ 1643—42.

Межосевое расстояние можно определять непосредственно по валам, но обычно это менее удобно, и результат получается менее точный.

Перечисленные методы измерения не являются исчерпывающими. В каждом отдельном случае приходится исходить из конкретных условий.

Величины D_e и D_i можно измерить штангенциркулем или микрометром. Если колесо имеет нечетное и притом большое число зубьев, нечетностью можно пренебречь. При малом числе зубьев можно во впадину заложить кусок свинца, обработав его снаружи по дуге, совпадающей с цилиндром выступов.

При больших размерах колес D_e определяют по

К вопросу о прочности и пластичности металлокерамического железа

**Канд. техн. наук И. М. ФЕДОРЧЕНКО, инж. В. Г. ФИЛИМОНОВ
и инж. М. Г. ГРАБИНО**

Относительно различия физико-механических свойств металлокерамических и компактных металлов ряд исследователей высказывает противоречивые мнения. Например, Тамман утверждает, что существует значительное различие в состоянии границ между зернами литых и спеченных металлов. Он обосновывает свои соображения неодинаковым поведением тех и других в отношении роста зерен. По мнению Джонса [1] межкристаллическая граница, присущая литым металлам, характеризуется особым расположением атомов, получивших определенную ориентировку при кристаллизации из расплава; поэтому такое расположение атомов не может быть точно воспроизведено при каком-либо другом способе приготовления чистого металла. Таким образом Джонс также высказывается за существование различия между границами зерен спеченного металла и кристаллита. В подтверждение своего мнения он указывает на незначительность удлинения спеченных металлических тел при любой твердости и прочности на разрыв. М. Ю. Бальшин [2] считает, что имеется значительное различие в связи между зернами литого металла и частицами порошковой прессовки, обусловленное индивидуальной обособленностью частиц порошка. В результате этого различия рекристаллизация порошковых прессовок и деформированных литых металлов протекает поразному. Однако по мнению Бальшина, при спекании, индивидуальная обособленность частиц значительно уменьшается. Поэтому не существует принципиальных различий в природе связи между зернами спеченных и литых металлов, отчего процесс рекристаллизации уже спеченных металлов после их деформации протекает так же, как и для деформированных литых металлов.

Кифер и Готоп [3] пришли к выводу, что при достаточной плотности спеченного порошкового металла он имеет такие же физические и механические свойства, как и литой металл с таким же содержанием примесей. По их мнению неодинаковость физических свойств спеченных и литых металлов нельзя объяснять различием в природе границ между зернами. Решающим фактором в данном случае является пористость. При нулевой пористости свойства тех и других металлов одинаковы.

Таковы вкратце основные взгляды исследователей на различие физических и механических свойств металлокерамических и литых металлов. Как видим, этот вопрос пока еще остается не разрешенным, а между тем его решение представляет большой теоретический и практический интерес. Поэтому в своих исследованиях мы задались целью осветить отдельные вопросы, от которых, по нашему мнению, зависит общее разрешение проблемы о существовании различий в природе границ и сил сцепления между зернами литых и спеченных металлов. Вопросы эти следующие:

- 1) Отличается ли механическая прочность металлокерамических металлов от литых одинакового химического состава и плотности.

2) Насколько различаются значения удлинения при растяжении металллокерамических и литых металлов.

3) Имеются ли различия в характере деформации при растяжении образцов из спеченного и литого металла.

Зависимость физико-механических свойств металллокерамического железа от характера порошка и плотности прессования

В нашей работе применялись железные порошки, полученные двумя способами. Порошок одного вида был приготовлен механическим измельчением в вихревой мельнице; другого вида — восстановлением окалины малоуглеродистой стали генераторным газом. Химический состав исходных порошков приведен в табл. 1.

Таблица 1

Вид порошка	Содержание химических элементов, %								
	Fe общее	Fe ме- таллич.	FeO	Fe ₂ O ₃	C	Mn	Si	S	P
Полученный механиче- ским измельчением .	98,6	97,4	1,28	0,28	0,02	0,35	Следы	0,033	0,024
Восстановленный из окалины генераторным газом	97,2	94,1	2,90	1,90	0,08	0,46	0,39	Не опреде- лено	0,916

Чтобы исключить влияние неодинаковой величины зерен на результаты испытаний, в обоих случаях применялись порошки одинакового ситового состава, а именно:

Фракция	50—100 меш	15%
"	100—140	45%
"	140—225	20%
"	более 225	20%

Прочность на разрыв. Предел прочности при растяжении определялся на специальных плоских образцах сечением 12×6 мм, общей длиной 86 мм и расчетной длиной 26 мм. Образцы прессовались в прессформе под односторонним давлением. При прессовании особое внимание было обращено на равномерность распределения порошка внутри прессформы. Спекание образцов производилось в печи Таммана в атмосфере генераторного газа при 1200° в течение двух часов. Удельный вес спеченных образцов определялся по размерам и весу. Испытание образцов на разрыв производилось на машине «Моор-Федергафф». График, построенный на основании средних результатов испытаний (пять образцов для каждой плотности), приведен на рис. 1. Как видно из этого графика, между плотностью и пределом прочности при растяжении существует прямолинейная зависимость в интервале удельных весов 5,2—7,5 г/см³ для образцов из порошка механического измельчения и 5,2—6,8 г/см³ — из восстановленной окалины. Эта зависимость может быть выражена уравнением:

$$\sigma_b = \operatorname{tg} \alpha (\gamma - \gamma_1) + C, \quad (1)$$

где α — угол наклона прямой к оси абсцисс;

C — постоянная величина, соответствующая значению σ_b при

$\gamma_1 = 5 \text{ г/см}^3$;

γ — удельный вес образца;

$\gamma_1 = 5 \text{ г/см}^3$.

Заменяя $\lg \alpha$ через M , получим уравнение прямой линии с угловым коэффициентом:

$$\sigma_b = M (\gamma - \gamma_1) + C. \quad (2)$$

Для образцов из порошка, полученного механическим измельчением $C=4,0$, а для образцов из восстановленного порошка $C=7,0$. Значение M определяется для обоих порошков величиной отношения $\frac{\sigma_b}{\gamma - \gamma_1}$. В первом случае $M=9,42$, а во втором $M=6,2$.

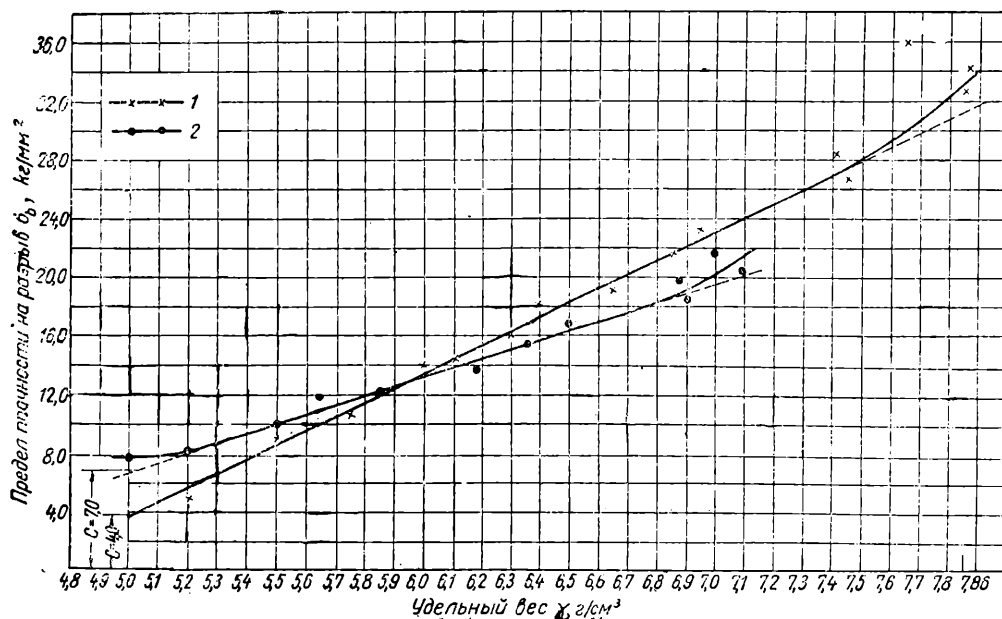


Рис. 1. Зависимость временного сопротивления от плотности прессования.

1 — вихревое железо; 2 — восстановленная окалина. Образцы спекались при 1200° в течение 2 час.

При удельном весе менее 5,9 г/см³ предел прочности при растяжении больше у восстановленного, чем вихревого железа. Наоборот, для удельного веса более 5,9 г/см³ вихревое железо имело несколько большую прочность, чем восстановленное.

Следует заметить, что подобная же зависимость наблюдается у спрессованных образцов и до их спекания. Так, сильно пористые образцы, спрессованные из восстановленной окалины, имеют большую прочность, чем образцы такой же пористости, из вихревого железа. Можно предполагать, что такое различие в поведении заготовок из порошка того и другого вида объясняется следующим:

1) в интервале плотностей до 6 г/см³ прочность образца зависит преимущественно от формы частиц прессуемого порошка, влияющей на степень их механического зацепления при прессовании;

2) при плотностях выше 6 г/см³ большее значение приобретает действие сил сцепления, вызываемое контактом спрессованных частиц.

Частицы восстановленной окалины имеют форму крупинки с неровной, шероховатой поверхностью. У частиц вихревого железа пластинчатая форма с более ровной и гладкой поверхностью. Восстанов-

ленный порошок имеет большой насыпной объем и требует больших усилий прессования для достижения той же пористости, что и вихревое железо. Это является следствием более значительных трения и деформации у шероховатых и менее компактно-расположенных частиц восстановленной окалины. Однако, неровная, шероховатая поверхность частиц восстановленного железа обуславливает лучшее механическое зацепление между ними при прессовании порошка, чем между гладкими частицами вихревого железа.

При высокой плотности спрессованных образцов, их прочность определяется преимущественно силами сцепления поверхностей частиц, находящихся в контакте, а не их механическим зацеплением. В этом случае сказываются чистота химического состава и отсутствие в порошке посторонних примесей, затрудняющих контакт или разобщающих частицы. Поэтому сцепление должно быть выше между зернами более чистого вихревого железа.

Твердость. Измерение твердости производилось на тех же плоских образцах, на которых определялся предел прочности при растяжении.

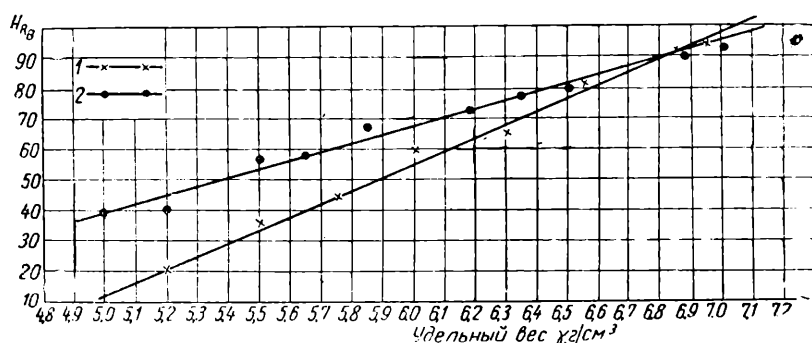


Рис. 2. Зависимость твердости от плотности прессования.

1 — вихревое железо; 2 — восстановленная окалина. Образцы спекались при 1200° в течение 2 час.

Образцы испытывались на приборе Роквелла при нагрузке 60 кг и диаметре шарика 2,5 мм. При определении твердости пористых металлов по Бринелю трудно замерить диаметр лунки, вследствие недостаточной четкости контуров отпечатка. Твердость образцов замерялась в трех точках по длине. Разница в твердости отдельных точек одного образца не превышала 3—5 ед. Средние результаты замера твердости показаны на графике рис. 2.

Из этого графика видно, что с ростом плотности наряду с пределом прочности возрастает и твердость. Зависимость между H_{R_B} и σ_b может быть выражена следующими приближенными формулами:

а) для образцов из вихревого железа

$$H_{R_B} = 4,06 \sigma_b; \quad (3)$$

б) для образцов восстановленной окалины.

$$H_{R_B} = 5,2 \sigma_b. \quad (4)$$

Максимальная ошибка при определении твердости по уравнениям (3) и (4) не превышала 6—8 ед. H_{R_B} (в сторону преувеличения твердости).

Пластичность. В качестве характеристики пластичности мы приняли относительное удлинение образцов при растяжении, которое опре-

делялось на тех же самых образцах, что служили для определения предела прочности на разрыв. График, построенный по средним данным испытаний образцов из вихревого железа, приведен на рис. 3.

Опыты показали, что при холодном прессовании очень трудно получить заготовки с плотностью более 7,63 г/см³. Поэтому получение

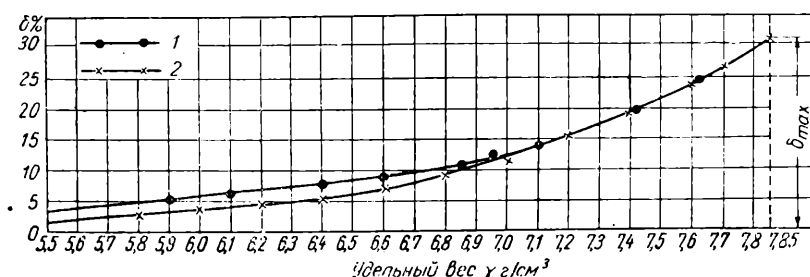


Рис. 3. Зависимость относительного удлинения вихревого железа от плотности.

1 — по экспериментальным данным; 2 — рассчитанная по формуле

$$\gamma = 5,259 \delta^{0,116}$$

экспериментальных данных для построения кривой, соответствующей плотности компактного железа, затруднительно. Анализ экспериментально полученной кривой показал, что она удовлетворяет уравнению:

$$\gamma = a\delta^n. \quad (5)$$

Путем совместного решения уравнений при двух значениях γ была определена величина $n = 0,116$ и $a = 5,259$. Таким образом

$$\gamma = 5,259 \delta^{0,116}. \quad (6)$$

Подставив в уравнение (6) значение γ для компактного железа — 7,85 г/см³, можно рассчитать удлинение для беспористых образцов. Оно оказалось равным 31,6%.

На рис. 3, помимо экспериментальной кривой, приведена расчетная кривая относительного удлинения, выведенная из уравнения (6). Обе кривые совпадают довольно удовлетворительно.

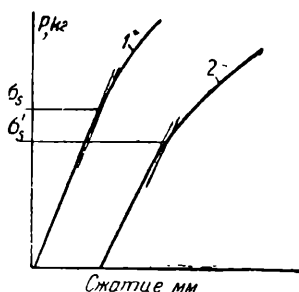


Рис. 4. Кривые испытаний на сжатие.

1 — восстановленная окалина;
2 — вихревое железо

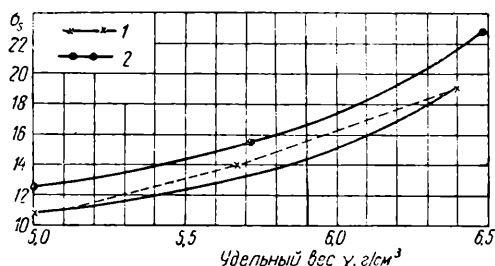


Рис. 5. Зависимость предела текучести при сжатии от плотности прессования.

1 — вихревое железо; 2 — восстановленная окалина.
Образцы спекались при 1200° в течение 2 час.

Предел текучести при сжатии. Предел текучести при сжатии определялся на круглых образцах диам. 8 мм и длиной 10 мм. Испытания производились на прессе Гагарина. На рис. 4 приводятся начальные части двух диаграмм сжатия.

Предел текучести определялся по методу Джонсона для остаточной деформации 0,2%. График зависимости предела текучести от плотности, построенный на основании средних данных испытаний, приведен на рис. 5, из которого видно, что восстановленное железо имеет более высокий предел текучести, чем вихревое.

Обсуждение результатов

Результаты, полученные нами, позволяют сделать вывод, что при плотности, соответствующей плотности компактного металла, механические свойства литых и спеченных металлов одного и того же состава одинаковы.

Таблица 2

Материал	Химический состав, %					Предел прочности σ_b кг/мм ²	Удлинение δ %
	C	M	Si	P	S		
Армко-железо	0,02	0,022	0,03	0,007	0,003	28,3	40
Металлокерамическое железо (удельный вес 7,85)	0,02	0,35	Следы	0,024	0,033	34,0	31,6
Сталь горячего проката, без марки ¹	0,08	0,4	„	Не определено	Не определено	38,3	29

¹ По данным Обергоффера [9], „Техническое железо“, Металлургиздат, 1940.

Данные табл. 2 показывают, что металлокерамическое железо по своему химическому составу и по своим механическим свойствам занимает промежуточное место между армко-железом и сталью горячего проката.

К такому же выводу приводит и рассмотрение результатов, полученных Р. П. Керингом [4] при опытах с горячей прокаткой металлокерамического железа различного химического состава. При максимальной плотности 7,81 г/см³, предел прочности образцов составлял 51,5 кг/мм², а относительное удлинение 23%. У образцов с меньшей плотностью удлинение составляло 4—14%.

Несколько пониженные значения удлинения, полученные Керингом, объясняются недостаточной плотностью и влиянием окислов.

Для суждения об идентичности состояния границ между зернами литых и спеченных металлов можно рассмотреть еще и такую характеристику металла, как предел текучести. И. А. Одинг [5] приводит гипотезу об особом напряженном состоянии на границах зерен. Эти участки можно рассматривать как пленки с упруго-искаженной кристаллической решеткой, которые имеют большую жесткость, чем металл внутри зерен. В соответствии с такой гипотезой, существование физического предела текучести объясняется тем, что при нагружении образца до определенного предела нагрузки воспринимаются этими жесткими пленками и сопровождаются упругими деформациями. Если же превысить этот предел, то происходит разрушение жестких пленок и все напряжения воспринимаются уже металлом внутри зерен. Такой момент и соответствует появлению площадки текучести. Следовательно предел текучести характеризует в какой-то степени сцепление между отдельными зернами и состояние на границах зерен.

Основываясь на данной гипотезе, можно предположить, что если характер текучести одинаков у литых и спеченных порошковых металлов, то и состояние границ между зернами в обоих случаях аналогично.

Для более детального изучения предела текучести железо-керамики были изготовлены три серии плоских образцов из вихревого железа. Удельный вес образцов первой серии составлял 7,63, второй — 7,61 и третий — 6,45. Испытание образцов производилось на машине Моор-Федергафф. Деформация образцов при испытаниях определялась с по-

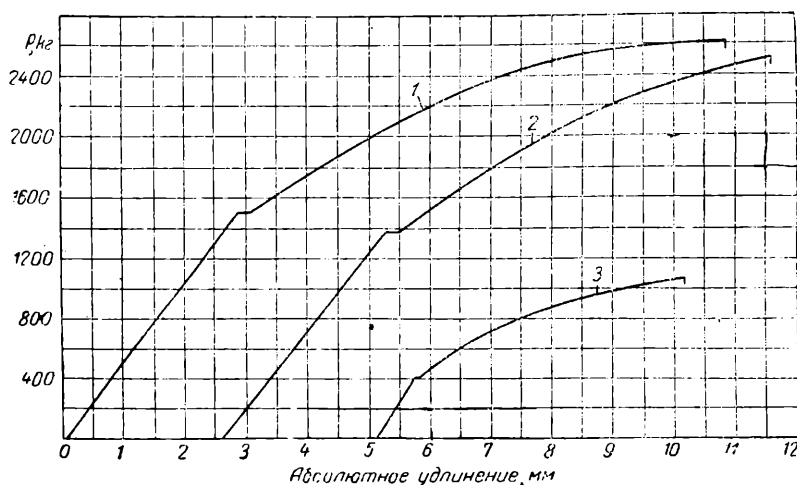


Рис. 6. Площадки текучести при испытании вихревого железа на разрыв.

1 — $\gamma = 7,63$; 2 — $\gamma = 7,61$; 3 — $\gamma = 6,45$. Образцы спекались при 1200° в течение 2 час.

мощью индикатора, фиксирующего перемещение захвата машины по мере роста нагрузки. Диаграммы растяжений для этих образцов, приведенные на рис. 6, свидетельствуют о наличии ясно выраженных площадок текучести, которые с ростом плотности увеличиваются.

Если связывать существование физического предела текучести с особым состоянием металла на границах контактирующих зерен, то вполне вероятно, что это состояние одинаково у металлокерамического и литого железа. Со снижением плотности металлокерамического железа предел текучести обнаруживается менее четко, вследствие уменьшения поверхности контакта между зернами.

К оценке свойств металлокерамических материалов

Зауэрвальд и Енихен [6] для сравнения прочности на разрыв у спеченных и литых металлов рассчитывали эффективную прочность, относя разрывающую нагрузку к части площади поперечного сечения, не занятой порами. Такой метод определения прочности и удлинения металлокерамических материалов вряд ли можно считать правильным. По Зауэрвальду и Енихену для пористого металла.

$$\frac{P}{SC} = \sigma_{b_{эф}},$$

где $\sigma_{b_{эф}}$ — сопротивление разрыву, подсчитанное отнесением нагрузки к части площади поперечного сечения образца, не занятой порами;

P — нагрузка при разрыве;

S — общая площадь сечения пористого образца;

C — коэффициент плотности, определяющий уменьшение площади сечения образца вследствие наличия в нем пор.

На основании этого уравнения можно было бы ожидать, что

$$\sigma_{b_{эф}} = \sigma_{b_{кп}},$$

где $\sigma_{b_{кп}}$ — сопротивление разрыву для компактного металла.

Однако в действительности всегда

$$\sigma_{b_{эф}} < \sigma_{b_{кп}}.$$

Таким образом

$$\sigma_{b_{кп}} = K \cdot \sigma_{b_{эф}}, \quad (7)$$

где $K > 1$.

В. Д. Кузнецов и Жданов [7], объясняя с помощью формулы Борна некоторые механические свойства кристаллов, указывают, что нагрузка распределяется не равномерно, а «конденсируется» на искажениях, в которых возникают перенапряжения. Последние достигают от 10^2 - до 10^4 -кратной величины среднего напряжения. В местах искаженной структуры вследствие большой величины перенапряжения, может произойти хрупкий разрыв без пластической деформации, распределяющийся затем с большой скоростью в благоприятствующем направлении.

Из работ А. Ф. Иоффе [8] и др. также известно, что прочность кристаллов очень сильно зависит от состояния их поверхностей. Трещины на поверхности кристаллов, при растяжении благоприятствуют раскалыванию последних, так как вокруг трещин концентрируются напряжения.

Повидимому, подобное же явление в более резко выраженной форме происходило и при разрыве металлокерамических образцов, поскольку поверхности зерен порошка имеют большое количество трещин и различных неровностей. Если это так, то коэффициент K в уравнении (7) является коэффициентом концентрации напряжений, учитывающим влияние неравномерного распределения напряжений в зернах на предел прочности и удлинения пористого металла.

В табл. 3 дана зависимость коэффициента K от пористости вихревого железа.

Таблица 3

№ образца	Пористость %	$\sigma_{b_{эф}}$ кг/мм ²	K
1	0	32,00	1,00
2	5	28,84	1,11
3	10	25,55	1,25
4	15	23,29	1,37
5	20	20,00	1,60
6	25	16,35	1,95
7	30	12,28	2,60

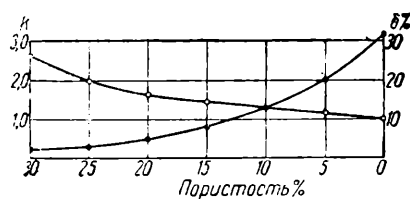


Рис. 7. Зависимость коэффициента K и удлинения δ от плотности заготовок

На рис. 7 приведен график, из которого видно, что минимальному значению K соответствует максимальное относительное удлинение δ и наоборот. Следовательно, более низкие прочность и пластичность металлокерамических материалов могут быть объяснены наличием

большого количества пор и «шероховатостей» на поверхности зерен. При высокой плотности металлокерамических материалов количество пор сокращается, а «шероховатости» на поверхности частиц сглаживаются благодаря контактированию зерен; поэтому перенапряжения значительно снижаются, а прочность и пластичность металлокерамических материалов увеличиваются.

Выводы

1. Проведенные исследования позволяют предполагать, что состоящие грани между зернами и связь между ними являются идентичными для литых компактных и спеченных пористых металлов.

2. Низкие прочность и пластичность порошковых металлов, по сравнению с компактными, могут быть объяснены наличием пор, включений в порошковых металлах и их неоднородностью, что вызывает концентрацию напряжений и преждевременное разрушение при разрыве.

3. В результате проведенных исследований удалось установить приближенно математическую зависимость некоторых механических характеристик металлокерамических материалов от характера исходного порошка и плотности спрессованных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джонс В. Д., «Основы порошковой металлургии», Металлургиздат, 1940, стр. 59—66.
2. Бальшин М. Ю., «Металлокерамика», ГОНТИ, 1938, стр. 99—104.
3. Kiffer R., Hotop W., «Pulvermetallurgie und Sinterwerkstoffe», 1943, ч. II, гл. 4.
4. Керинг Р. П., в книге Wulff, «Powder Metallurgy», 1942.
5. Одинг И. А., «Допускаемые напряжения в машиностроении и циклическая прочность металлов», Машгиз, 1944, стр. 28—41.
6. Зауэрвальд и Енихен, см. Kiffer R., Hotop W. [3].
7. Кузнецов В. Д., «Физика твердого тела», изд. Красное Знамя, тт. I и II, 1937.
8. Иоффе А. Ф., Кирпичева М. В., Левитская М. А., «Деформации и прочность кристаллов», ЖРФО, 1925.
9. Обергоффер, «Техническое железо», Металлургиздат, 1940.

Производство металлокерамических фрикционных материалов

Инж. А. И. ГАРДИН

Обычно металлокерамические фрикционные материалы содержат 60—75% Cu, 5—10% Sn, 5—15% Pb, 3—8% графита и в некоторых случаях также до 7% кремнезема, до 8% Fe и до 10% Zn.

Медь — основной компонент металлокерамических фрикционных материалов, обладая высокой теплопроводностью, обеспечивает быстрый отвод тепла от трущейся поверхности. Значительная пластичность меди позволяет производить прессование при относительно низких давлениях.

Олово добавляется для повышения прочности соединения отдельных компонентов металлокерамических фрикционных материалов. Имея низкую точку плавления, олово образует с медью при спекании твердые растворы. Иногда олово заменяется цинком.

Свинец при повышении температуры во время торможения расплавляется и образует смазывающую пленку. Эта пленка смягчает рывки и устраняет заедания, которые могли бы получиться при высокой температуре.

Графит служит смазкой в процессе прессования и во время работы; кремнезем и другие абразивы вводятся для получения нужных фрикционных свойств, а железо — для увеличения прочности и коэффициента трения.

В таблице дан состав наиболее распространенных металлокерамических фрикционных материалов.

№ состава	Медь	Железо	Олово	Свинец	Графит	Кремнезем
	в % по весу					
1	70,90	—	6,30	10,90	7,40	4,50
2	73,00	—	7,00	14,00	6,00	—
3	62,00	8,00	12,00	7,00	7,00	4,00
4*	67,26	6,62	5,31	9,30	7,08	4,43

* Применяется для дисков муфт сцеплений.

Исходным сырьем для изготовления последних являются порошки указанных выше компонентов. Эти порошки пропускаются через сито 150 меш¹ и содержат 40—50% более тонких фракций, проходящих через сито 325 меш. Медные порошки получают электролизом.

Необходимую смесь порошков прессуют под давлением в 16—24 кг/мм² в заготовки соответствующей конфигурации, которые спекают при 675—815° в восстановительной атмосфере и соединяют с усиливающей опорой (стальной пластиной или диском) для повышения прочности деталей². Это соединение можно производить различными способами. Наиболее эффективна приварка фрикционного материала при высокой температуре под давлением. Прочность соединения зависит от состояния поверхности стальной опоры. Малейшее окисление сильно ее ослабляет. Для предохранения от окисления при нормальной температуре и в процессе нагрева на стальную опору наносят слой меди (реже никеля или серебра) толщиной 2—3 м.

На рис. 1 приводятся микрофотографии соединения между слоем порошка после спекания и усиливающей опорой из стали SAE 1010 и 1035.

После спекания производится очистка, а в нужных случаях и механическая обработка.

Некоторые образцы готовых изделий показаны на рис. 2.

Для опорных дисков и пластин в американской практике (фирма Велман) большей частью используется простая углеродистая сталь марок SAE 1010 и 1035. Заготовки вырубаются на прессах из полосы толщиной 2—6 мм. Существует два способа соединения металлокерамического слоя с опорой при помощи заклепок или приваркой. Первым способом изготавливаются фрикционные муфты для грузовиков, автобусов, ленточные и конусные тормозы, вторым — бортовые и главные фрикционы тракторов, дисковые тормозы и т. д.

При применении заклепок вся обработка опоры (диска или ленты) сводится к вырубке. Заготовки опор для приваривания, кроме вы-

¹ Число меш указывает число отверстий, приходящихся на 1 пог. дм.

² Предел прочности при растяжении металлокерамического материала (без стальной опоры) не превышает 8 кг/мм².

рубки, проходят нарезку зубьев, шлицов или выступов, а затем заготовки подвергаются электролитическому обезжириванию и омеднению, обычно выполняемому на непрерывнодействующей установке, помещенной в потоке изготовления деталей в непосредственной близости

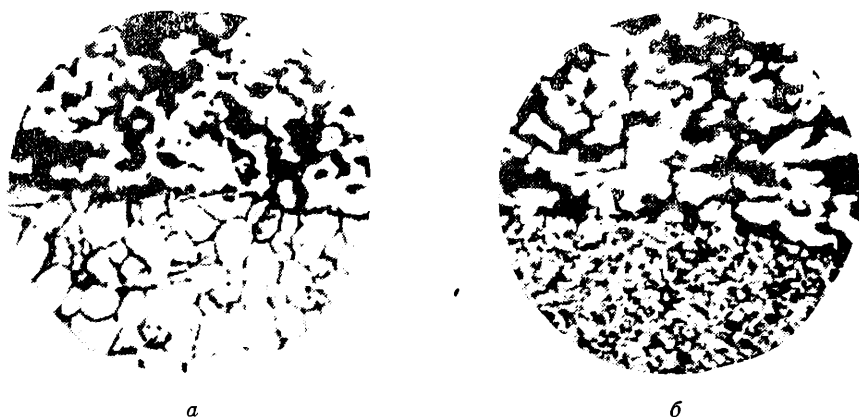


Рис. 1. Микрофотография соединения между слоем порошка и несущим элементом после спекания.

a — несущий элемент из стали 1010; *b* — из стали 1035. Слой порошка сверху. $\times 500$

от печей спекания. Омедненные диски и пластины и прессованные порошковые заготовки подаются к печам для сборки, укладки, спекания и приварки.

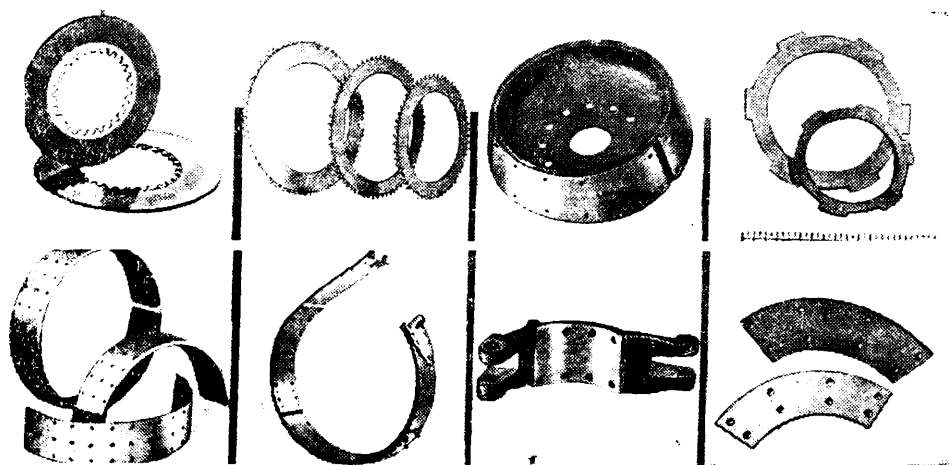


Рис. 2. Детали муфт сцепления и тормозов с облицовкой из металлического фрикционного материала

На всех этапах обработки порошковой массы принимаются меры против поглощения ею влаги. С этой целью порошки перевозят и хранят в плотно закупоренной металлической таре, а в барабаны с приготовленной для прессования смесью кладут сверху мешочки с поглотителем (по всей вероятности силикагель).

При заполнении прессформы необходимо следить за тем, чтобы уровень порошка и его плотность по всему объему были бы одинаковыми. В противном случае после прессования вследствие неодинаковой плотности спрессованной массы возникнут трещины и другие дефекты, уменьшающие ее прочность после спекания.

Для заполнения прессформы применяются специальные приспособления двух типов. Одно из них, предназначенное для изделий несимметричной или прямоугольной формы, представляет собой прессформу (рис. 3) с вынимающимся дном. На ее верхней части установлен диск 1 с пластинкой 2 на стержне 3. При помощи стержня, связанного с головкой 4 (рис. 4), пластинка 2 может быть установлена на любую высоту. Вставив дно, в прессформу засыпают нужное количество порошковой массы, которое берется с некоторым избытком по отношению к весу готового изделия. Затем устанавливают пластинку

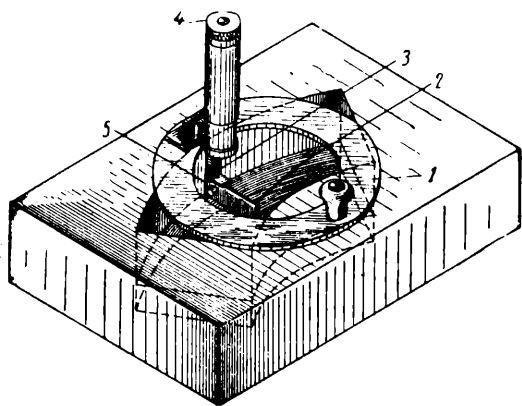


Рис. 3. Приспособление для заполнения прессформы порошковой массой при изготовлении деталей несимметричной формы

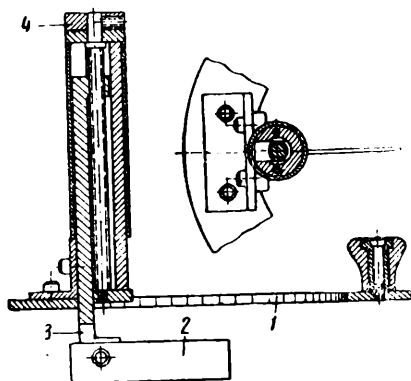


Рис. 4. Разрез диска с пластинкой и устройством для перемещения пластинки

ку 2 на такую высоту, чтобы она касалась дна прессформы. Перемещая диск по поверхности последней, заставляют скользить ребро 5 пластинки 2 по вертикальной стенке прессформы. Диск перемещают так, чтобы пластинка совершила полный путь по всему периметру прессформы. После каждого цикла пластинку для разравнивания поднимают на небольшую высоту.

При одновременном прессовании нескольких деталей поступают следующим образом. Наполнив прессформу порошком для одной детали, поверх помещают прокладку из листовой стали (2—3 мм), опять насыпают порошок, накрывают прокладкой и т. д. При накрывании прокладкой необходимо соблюдать большую осторожность, чтобы не нарушить однородной плотности порошка. Количество одновременно прессуемых деталей зависит от величины хода пресса и от степени сжатия порошка (т. е. отношения удельного веса порошка после прессования к удельному весу до прессования). Обычно прессуют по 3—5 деталей.

Использование описанного приспособления позволяет получить однородную плотность порошка по всему объему, чего не представляется возможным добиться простым разравниванием насыпанного слоя. При насыпании порошка в прессформу отдельные части его при падении спрессуются больше, чем другие. Поэтому процесс разравнивания должен включать элемент перемешивания, которое в этом приспособлении осуществляется пластинкой, собирающей весь порошок на передней стороне и освобождающей его при постепенном поднимании.

Описанное приспособление чаще всего используется при изготовлении облицовки дисков большого диаметра (свыше 600 мм), когда требуется большая мощность пресса. Облицовка для таких дисков делается отдельными секторами, составляющими $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{6}$ часть окружности.

Для наполнения цилиндрических или кольцевых форм применяется специальный станок, работающий по тому же принципу, что и ручное

приспособление. Этот станок (рис. 5), очень напоминающий сверлильный, имеет колонну 1 на основании 2. На колонне укреплены три кронштейна 3, 4 и 5. Кронштейн 5 несет на себе стол, на который устанавливается прессформа. Стол, а вместе с ним и прессформа приводятся во вращение от электромотора 6. Скорость вращения стола можно регулировать при помощи ступенчатых шкивов. Для правильной установки прессформы в столе имеется центрующий стержень 7, он входит в отверстие в прессформе и удерживает ее в строго определенном положении. После наполнения стержень выводится из отверстия прессформы рукояткой 8. Кронштейны 3 и 4 служат для укрепления шпинделя 9, к нижнему концу которого присоединено устройство для разравнивания, состоящее из планки 10, стержня 11 и пластинки 12. Планка 10 имеет прорез для закрепления стержня 11 на разных расстояниях от центра шпинделя, что позволяет использовать приспособление для наполнения прессформ различного диаметра.

Меняя пластинку 12, можно заполнять прессформы, имеющие разную ширину кольца.

При вращении стола пластинка 12 соскребывает порошок и перемешивает его. Одинаковую высоту слоя порошка можно получить путем поднимания шпинделя. Для этого вращают колесо 13, которое связано со шпинделем при помощи рейки и шестерни 14, укрепленной на одном валу с колесом. Однако более желателен автоматический подъем с неодинаковой скоростью. Такой подъем осуществляется специальным механизмом, состоящим из мотора 15, двух валиков 16 и 17, фрикционной муфты 18 и диска 19 с пальцем (отдельно показан на рис. 6). При помощи винта палец 1 (рис. 6) может быть установлен на любом расстоянии от центра диска. На палец диска надет рычаг 2, который в свою очередь шарнирно соединен с рычагом 3. Свободный конец последнего закрепляется на кронштейне 4 (рис. 5). К рычагу 2, примерно к его середине, присоединен еще один рычаг 4, другой конец которого шарнирно связан со скользящей муфтой 20 (рис. 5). Скользящая муфта может быть закреплена на шпинделе в любом положении винтом с рукояткой 21. Вращение диска ограничено в пределах около 90° тремя стопорными штифтами: два из них 5 и 6 (рис. 6) установлены на диске, а третий 7 на кронштейне 4 (рис. 5).

Прессформу нужных размеров устанавливают на вращающийся стол и центрируют стержнем 7, затем опускают шпиндель при помощи колеса 13, регулируют и закрепляют приспособление для разравнива-

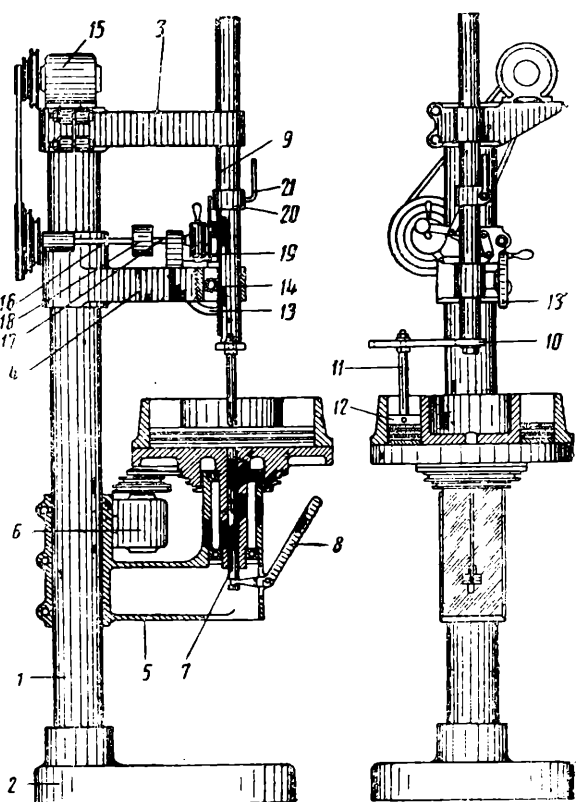


Рис. 5. Станок для наполнения цилиндрических и кольцевых прессформ

ния. Далее устанавливают расстояние от пальца 1 (рис. 6) до центра диска с таким расчетом, чтобы пластинка для разравнивания 12 поднялась несколько выше требуемого уровня порошка. Одновременно подбирают скорость вращения стола, устанавливая ремень на нужную ступень шкива. Эта скорость может изменяться в широких пределах; обычно ее подбирают один раз—в начале пуска станка в эксплуатацию.

Закончив регулировку, но не закрепив муфту 20, включают мотор механизма подъема и при помощи колеса 13 опускают шпиндель

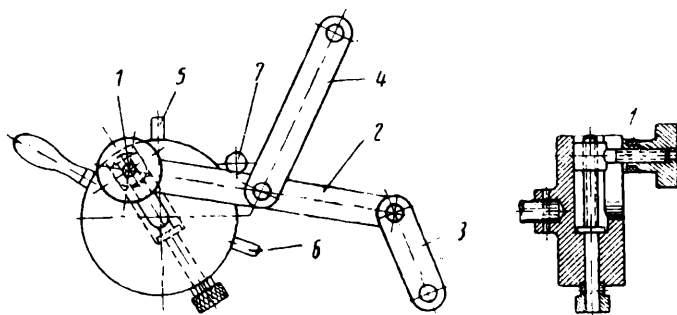


Рис. 6. Диск механизма подъема шпинделя

до соприкосновения пластинки 12 с дном прессформы или промежуточным кольцом. Затем пускают мотор вращения стола и дают последнему сделать по крайней мере один полный оборот. При вращении стола весь порошок собирается у передней стороны пластинки, а в дальнейшем распределяется с однородной плотностью и одинаковой высотой. После этой операции устанавливают диск 19, вращая его в обратном направлении до тех пор, пока стопорные штифты 6 и 7 (рис. 6) не придут во взаимное соприкосновение. При наличии фрикционной муфты вращение диска в обратном направлении может быть осуществлено без особых затруднений. Удерживая диск в крайнем начальном положении, закрепляют муфту 20 на шпинделе, а затем отпускают диск, который начинает вращаться в направлении часовой стрелки с равномерной угловой скоростью, медленно поднимая шпиндель, а вместе с ним и пластинку 12. Медленный подъем пластинки постепенно освобождает находящийся впереди нее порошок и равномерно распределяет его в прессформе. Вследствие того что высота подъема шпинделя установлена заранее, весь слой порошка к моменту остановки диска окажется равномерно распределенным по высоте прессформы. Скорость подъема шпинделя постепенно уменьшается.

После остановки диска ослабляют муфту 20 и при помощи ручного колеса 13 удаляют пластинку из прессформы. Точно так же, как и при ручном наполнении, одновременно прессуют несколько деталей, разделяя слои стальной прокладкой.

Следующая операция—прессование смеси порошка обычно осуществляется при давлении от 16 до 24 кг/мм² (фирма Велман применяет давление 17,5 кг/мм²). Как правило, одновременно прессуются несколько деталей в одной прессформе.

Прессование больших дисков часто сопровождается растрескиванием, а иногда и разрушением спрессованных брикетов тотчас же после снятия нагрузки. Объясняется это тем, что внутренние напряжения, возникающие в брикете при прессовании, со снятием нагрузки стремятся деформировать брикет в радиальном направлении. Однако прессформа препятствует такой деформации, и она идет в вертикальном направлении. В результате появляются трещины, а иногда наступает полное разрушение брикета.

При диаметре диска 300 мм деформация достигает 2 мм. Эту деформацию можно легко предотвратить, если создать возможность перемещения брикета в радиальном направлении, удаляя прессформу до снятия давления.

С этой целью фирма Велман разработала дополнительное устройство к прессу. На рис. 7 показано приспособление для удаления

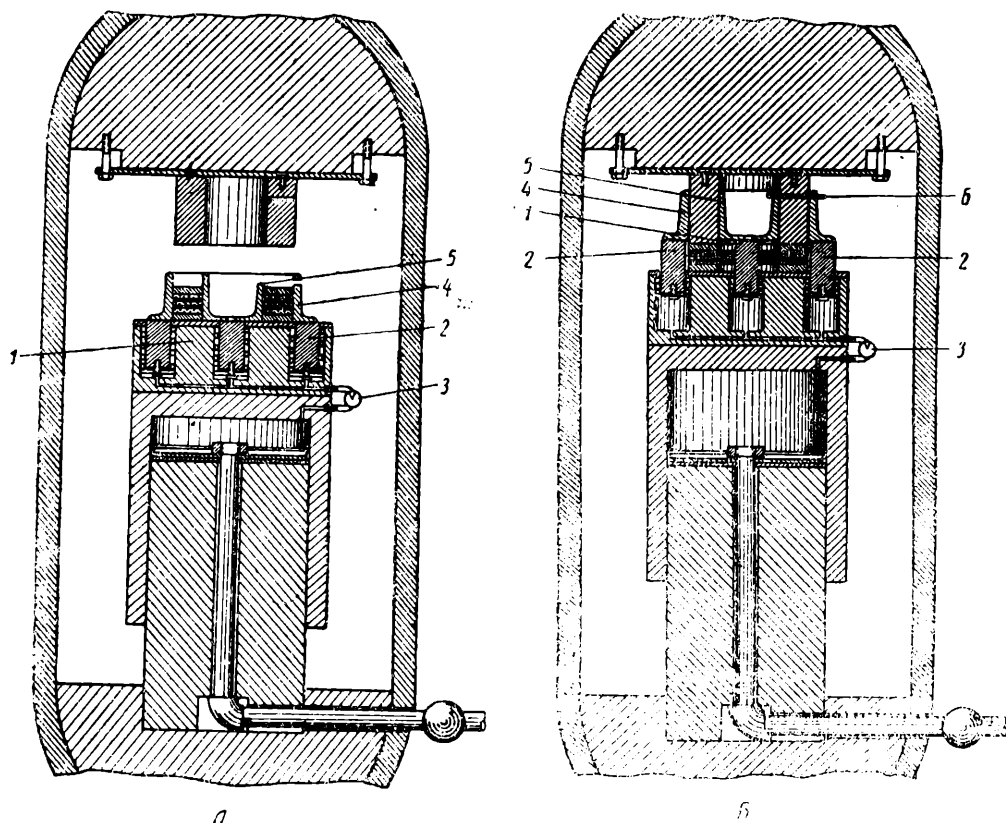


Рис. 7.

А — приспособление к гидравлическому прессу для удаления прессформы. Положение до прессования.
Б — приспособление к гидравлическому прессу для удаления прессформы. Прессформа поднята

прессформы, состоящее из цилиндрического блока, в котором имеется несколько гидравлических цилиндров 1 и 2. Они питаются от главной магистрали, обслуживающей пресс, и имеют самостоятельное управление от клапана 3. Поршни гидравлических цилиндров изготовлены из резины. В нижней части поршней имеются манжеты, служащие для создания герметичности. Гидравлические цилиндры расположены в блоке соответственно конфигурации прессформы. Вкратце работа приспособления происходит следующим образом. После того как подано давление в главный цилиндр пресса и масса порошка спрессовалась, открывают клапан 3 и создают давление в цилиндрах 1 и 2. При этом поршни цилиндров начинают двигаться вверх и поднимают прессформу, состоящую из двух частей 4 и 5. Как только прессформа полностью освободила находящиеся в ней детали, отключают пресс от гидравлической магистрали и вынимают брикеты. Перед отключением пресса прессформу закрепляют штифтом 6, который удерживает ее в верхнем положении, предотвращая обламывание краев брикетов.

В сыром виде брикеты обладают относительно небольшой прочностью. Поэтому все дальнейшие операции проводятся с большой осто-

рожностью. Кроме того, не рекомендуется делать больших перерывов между прессованием и спеканием. При длительном хранении открытых брикетов они поглощают влагу из атмосферы цеха, в результате чего могут окислиться отдельные составляющие смеси, и вследствие этого после спекания могут быть получены более низкие механические свойства.

Спекание спрессованного брикета и присоединение его к несущей пластине или диску производится в специальных электрических печах колокольного типа (рис. 8 и 9).

Нижняя часть печи имеет песочный затвор и подину, на которую укладываются пачками по 12—15 шт. стальные диски вместе с брикетами (рис. 10). При спекании порошковый слой приваривается к омедненной стороне соответствующего диска. Во избежание сваривания между собой всех дисков и брикетов неомедненные поверхности каждого диска посыпают графитом. Пачка дисков отделяется от подины печи и от следующих пачек опорным кольцом толщиной около 20 мм; диаметр кольца должен быть несколько больше, чем у дисков. Диски с двухсторонней облицовкой фрикционным материалом перекадывают специальными промежуточными дисками, обсыпанными графитом. Поверх собранной стопки помещают тяжелое металлическое кольцо. Затем на стопку устанавливается металлический муфель. Нижние края последнего входят в песок, образуя

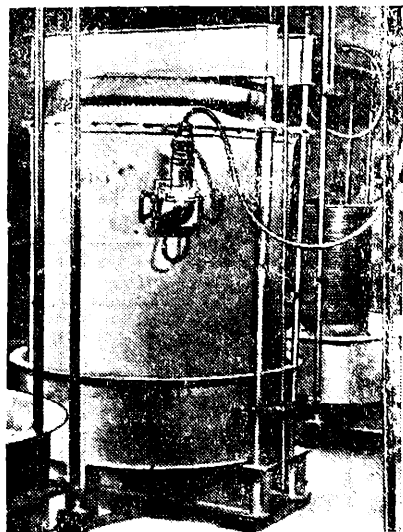


Рис. 8. Общий вид печи для спекания. На заднем плане видна стопка дисков, подготовленных для спекания

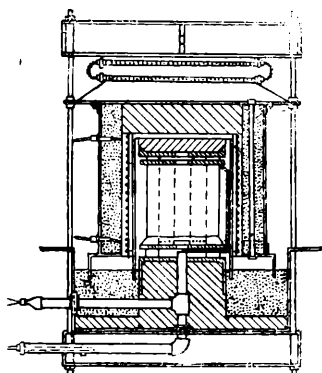


Рис. 9. Разрез печи для спекания



Рис. 10. Укладка спрессованных дисков перед спеканием

таким образом песочный затвор, а верхняя часть опирается на стопку дисков. На муфель опускается съемная часть печи «колокол», в котором по всей его окружности расположены нагревательные элементы. Колокол, как и муфель, имеет закраины, образующие песочный затвор, когда он установлен на подину и своей верхней частью упирается в верхнее дно муфеля. В верхней части колокола имеется пневматиче-

ский буфер, служащий для поддержания одинакового давления на протяжении всего цикла спекания (25—40 кг/см² поверхности металло-керамического слоя). Верхней своей частью пневматический буфер упирается в две швеллерные балки, которые удерживаются четырьмя штангами, закрепленными в балках подины. Эти штанги служат также направляющими для съемной части печи-колокола.

Восстановительная атмосфера при спекании создается древесным углем, который закладывается в среднюю часть стопки дисков. Для отвода образующихся при спекании газов печь имеет трубу. При охлаждении, во избежание подсоса воздуха, в печь через выпускную трубу подводят светильный газ.

Весь процесс спекания занимает около 5 час. При этом на нагрев и выдержку приходится около одной трети времени, а остальное — на охлаждение. Вследствие этого обычно на три подины имеется только

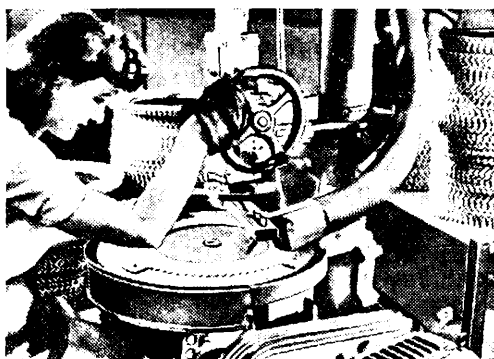


Рис. 11. Операция удаления избыточного слоя порошка — «облоя»



Рис. 12. Проверка дисков на коробление

один колокол. Охлаждение ведется на воздухе. Температура спекания и приварки в большой степени зависит от состава материала. На заводе Велман большинство материалов спекается при температуре около 760°.

После спекания диски поступают или в промежуточную кладовую или непосредственно на окончательную механическую обработку и сборку. После спекания влага уже не представляет для них опасности.

В отношении объема механической обработки детали с металлическими фрикционными материалами можно разделить на следующие три основные группы:

- 1) диски для фрикционов, дисковых тормозов и пр., в которых облицовка из фрикционного материала приваривается к стальному диску;
- 2) диски муфт сцепления, в которых облицовка приклепывается к стальному диску;
- 3) пластины тормозных лент и барабанов.

Обработка деталей первой группы ограничивается простым удалением избыточного слоя порошка, так называемого облоя, по внутреннему и наружному диаметрам диска. Эта операция выполняется на станке, переделанном из простого сверлильного станка (рис. 11). Он снабжен вращающимся магнитным столом для крепления детали и имеет отсос пыли. На шпинделе станка смонтирована резцовая державка для установки резца по радиусу, соответствующему размерам диска.

Диск закрепляется по центру на магнитном столе станка при помощи зубчатых пластинок. Облой удаляется ручной подачей шпинделя с резцовой державкой.

После механической обработки детали проходят дробеструйную очистку, за которой следует проверка толщины и коробления деталей и их упаковка (рис. 12). Отклонения по толщине не должны превышать 0,125 мм. Коробление дисков проверяется либо на щелевом приспособлении с плитой, наклоненной под углом в 45° , либо на плите с помощью индикатора, либо в щелевом приспособлении с горизонтальной плитой. Допуск на коробление от 0,25 до 0,325 мм.

Детали второй группы после полной обработки кромок разрезают на фрезерных станках с помощью дисковых пил на отдельные секторы. В тех случаях, когда несущий элемент является и рабочим диском, прорезаются только пазы для компенсации температурных расширений. За разрезкой следует сверление и зенкование отверстий под заклепки с таким расчетом, чтобы последние опирались на несущую металлическую пластину.

Диски больших размеров и с толстыми слоями порошка дополнительно проходят обработку поверхности на фрезерных станках.

Все детали этой группы подвергаются дробеструйной очистке для улучшения качества поверхности и удаления остающихся гребешков.

После контроля отдельные секторы приклепываются к рабочему диску.

Детали третьей группы проходят те же операции, что и детали второй группы, и, кроме того, для придания нужной формы подвергаются гибке на небольших вальцах с тремя цилиндрическими или конусными валками. При гибке допускаются трещины длиной от 5 до 10 мм от края пластины, глубиной на всю толщину слоя и шириной 0,1—0,15 мм.

Контроль за производством металлокерамических фрикционных материалов, проверка качества продукции и исследовательская работа по подбору составов материалов у фирмы Велман выполняются лабораторией с тремя специализированными отделениями: химическим, металлургическим и испытания фрикционных материалов.

Лаборатория проверяет качество всех сырых материалов и без ее разрешения ни одна партия материала не пускается в производство.

Металлургическое отделение производит металлографический анализ, проверяет механические свойства фрикционных материалов и наблюдает за родственными операциями в производственном процессе.

Отделение испытания фрикционных свойств занимается исключительно испытанием отдельных механизмов на износ, определением коэффициента трения и подбором материалов для конкретных случаев применения.

Наибольший динамометр, установленный в отделении, рассчитан на испытание тормозов самолета. Динамометр имеет 3-метровый маховик весом около 19 т. Вес маховика можно изменять и подбирать его инерцию соответственно инерции самолета.

Этот динамометр способен развить кинетическую энергию до 135 000 кгм при окружной скорости до 200 км/час. Испытуемое колесо с тормозом монтируется на специальном рычаге, который прижимает колесо к маховику с помощью гидравлического цилиндра. Вся работа динамометра полностью автоматизирована. Весь цикл испытания управляется заранее настроенным таймером, который вместе с другими приборами смонтирован на панели управления. Помимо таймера, панель управления имеет ряд приборов, регистрирующих или указывающих различные величины, используемые при расчетах результатов испытаний. Эта группа приборов позволяет одновременно записывать температуры в шести различных точках, регистрировать скорость, момент и время торможения; динамический момент торможения, статический момент и давление.

В отделении имеется также специальный динамометр для испытания муфт и тормозов воздушных нагнетателей высотных самолетов,

работающих при высоких скоростях. Этот динамометр приводится в движение от воздушной турбины и может развить скорость до 30 000 об/мин.

Помимо нескольких динамометров, для испытания мелких и средних тормозов и муфт сцепления в отделении установлен специальный динамометр для испытания на износ дисковых муфт в рабочих условиях и для определения коэффициента трения при температурах до 550°. В этом динамометре инерционная масса присоединена с двух сторон к двум муфтам сцепления. Одна из муфт связывает инерционную массу с мотором мощностью 20 л. с. и 120 об/мин, а вторая служит для испытаний. Испытываемая муфта работает в качестве тормоза, поглощающего всю энергию инерционной массы. Муфта с испытываемыми дисками проходит предварительную обкатку, состоящую из 300 сцеплений для полной приработки соприкасающихся деталей. Затем, после точных замеров, муфта испытывается на износ при 2000 сцеплений. Каждый цикл, состоящий из разгона инерционной массы до 1200 об/мин и торможения, занимает 20 сек. Через равные интервалы скоростным счетчиком замеряется число оборотов, сделанных муфтой с момента начала торможения до полной остановки. По этим замерам находят средний коэффициент трения. После испытания муфту разбирают и определяют степень износа. Затем ее собирают и испытывают на стабильность фрикционных свойств: муфта работает при полном скольжении, пока диски не нагреются до температуры закаливания. Результаты последнего испытания дают возможность установить зависимость так называемого динамического коэффициента трения от температуры.

На этой же установке определяется статический коэффициент трения путем автоматической регистрации точки начала скольжения при небольших моментах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Edwin Cone, Sintered Metals in Friction Devices, „Metals and Alloys“, 1941, XII.
2. Adler M. S., Aufmuth R. B., Lowey F. J., Powdered Metals Facts for Clutches and Brakes.
3. Патент США, 2240 971.
4. Патент США, 2259 094.

Методы получения контролируемой атмосферы из природного газа

Канд. техн. наук, доц. А. А. ШМЫКОВ

Природный газ любых месторождений (СССР, США) в основном состоит из метана (до 95%) и других углеводородов с незначительным содержанием водорода, двуокиси углерода и азота. Благодаря высокому содержанию углеводородов, постоянству химического состава и низкой стоимости природного газа, а также огромным запасам его он в больших масштабах используется в ряде отраслей металлургической, химической и машиностроительной промышленности.

В применении к термической обработке металлов природный газ явился основой при разработке процессов светлого отжига и светлой нормализации, светлой и чистой закалки, газовой цементации, а позднее газового цианирования, брейзинг-процесса, газового травления и др.

В США широкое использование природного газа в качестве исходного для приготовления контролируемых атмосфер началось в 1933 г. [1, 2]. С тех пор по сравнению с другими газами — светильным, коксовальным, сжиженным, аммиаком и генераторным — природный газ является самым распространенным, особенно для газовой цементации [3—7].

Харрисом [8] в 1943—1944 гг. проведены имеющие крупное научно-теоретическое значение работы по газовой цементации, в которых в качестве исходного был принят природный газ, содержащий 79% CH_4 ; 8% C_2H_6 ; 4% C_3H_8 ; 9% N_2 .

При термической обработке сталей и цветных металлов и сплавов природный газ используется [9], во-первых, непосредственно в печах как газовый карбюризатор; во-вторых, путем крекирования, при котором крекинг-газ служит газовым карбюризатором и защитной атмосферой для светлого отжига и светлой закалки высокоуглеродистых и инструментальных сталей; в-третьих, частичным сжиганием, продукты которого представляют защитную атмосферу — при термической обработке черных и цветных металлов, газовой цементации и газовом цианировании стали.

Вследствие высокой скорости диссоциации углеводородов при температурах выше 850° и выделения при этом большого количества сажистого углерода, непосредственное использование природного газа весьма ограничено и если даже возможно при газовой цементации, то только при условии малого пропуска газа через рабочий объем шахтной или ретортной печи и при усиленной циркуляции атмосферы [4].

Крекирование природного газа дает контролируемую атмосферу, пригодную для светлого отжига высокоуглеродистых сталей и газовой цементации [6]. Принцип получения крекинг-газа заключается в том, что природный газ при отношении воздуха к газу, соответствующему коэффициенту избытка воздуха $\alpha = 0,2—0,3$, подается в жароупорные реторты, заполненные катализатором, обычно — железными стружками. Крекирование природного газа происходит при $950—1050^\circ$; в результате получается крекинг-газ (по нашей классификации КГУ и КГУ-1000) [10] следующего состава: 18—22% CO ; 38—40% H_2 ; до 1,5% CH_4 ; остальное N_2 .

В начальный период развития контролируемых атмосфер процесс крекирования (главным образом светильного газа) был подробно изучен Фишером [11], который для расчета труб крекинг-установки предложил следующую формулу:

$$L = \sqrt{\frac{v}{d^5}}$$

где L — длина труб, м;

v — расход газа, $\text{м}^3/\text{час}$;

d — диаметр труб, дюймы.

По его данным крекированный природный газ содержит 28—32% H_2 ; 14—15% CO ; 0,3—3,0% CO_2 ; 7—12% $\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6$; остальное N_2 . Выход крекинг-газа весьма незначителен и составляет 2,0—3,0 м^3 с 1 м^3 исходного природного газа.

Крекирование природного газа может производиться в смеси не только с воздухом, но и с водородом, водяным паром и двуокисью углерода. Однако наиболее просто крекирование в смеси с воздухом.

Контролируемая атмосфера — КГУ — пригодна для светлого отжига и светлой закалки высокоуглеродистых инструментальных, шарикоподшипниковых, штамповых и быстрорежущих сталей.

В установку для крекирования входят: 1) крекинг-генератор, представляющий собой камеру с металлическими трубами, заполненными

катализатором, в которых осуществляется процесс крекирования; 2) очистная установка (скрубберы с маслом или водой); 3) приборы для регулирования соотношения газа и воздуха и для измерения их расхода.

Чаще всего контролируемые атмосферы приготавливаются частичным сжиганием природного газа при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 0,5—0,65$ (при отношении воздуха к газу 6,0 : 1,0) и температуре камеры горения 850—920°.

В результате частичного сжигания любых газов, содержащих углеводороды (светильного, коксовального, нефтяного, природного, сжиженных бутано-пропановых смесей и т. п.), получается газ примерно одного и того же состава (атмосфера ПС-0,6), а именно: 4—6% CO₂; 8—15% CO; 10—16% H₂; ≤ 3% CH₄; остальное N₂ [12, 13].

В настоящее время считается, что этот способ наиболее рационален по следующим причинам.

Способ дает достаточно большой выход газа — контролируемой атмосферы, который может быть определен, по формуле [10]:

$$G'' = G' - [GW_0 - G' (H'_2 + 2CH'_4)],$$

где G'' — выход газа, м³/м³;

G' — количество влажных продуктов частичного сжигания;

G — количество продуктов сжигания при $\alpha = 1,0$;

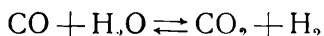
$$G' = \frac{G}{1 + 1,88 (H'_2 + CO' + 5CH'_4)} ;$$

H'₂, CO', CH'₄ — содержание горючих во влажных продуктах горения, м³/м³;

W₀ — содержание водяного пара, м³/м³.

Например, для Саратовского природного газа при его частичном сжигании с $\alpha = 0,6$ (отношение воздуха к газу равно 5,65 : 1) и при получении контролируемой атмосферы состава: 6,0% CO₂; 12% H₂; 10% CO; ≤ 1,5% CH₄; остальное N₂, выход ее был равен 6,2 м³/м³ исходного газа. Этот выход в 2,5—3,0 раза выше, чем при крекировании.

Способ получения контролируемой атмосферы — частичным сжиганием газа и осушкой продуктов горения до точки росы +15°, отличается простотой. Упрощенная осушка обусловлена ходом реакции водяного газа:



и ее константой равновесия при температуре термической обработки стали.

Установка — весьма компактна. Она состоит из камеры частичного сжигания, заполненной катализатором горения; охладителя газа — скрубберов, заполненных коксом или кольцами Рашига с пропуском через скрубберы воды, и смесителя газа с воздухом в нужном соотношении, которое автоматически поддерживается постоянным. Вместо смесителя применяются также вентилятор и регуляторы давления. В этом случае постоянство соотношения воздуха и газа поддерживается вручную при измерении газовых потоков диафрагмами или ротаметрами.

Продукты частичного сжигания пригодны в качестве контролируемой атмосферы для любых операций термической обработки большинства конструкционных и инструментальных сталей.

Атмосфера ПС-0,6 указанного выше состава предотвращает окисление сталей в интервале температур до 950°. Однако, как показали

1 — камера сжатия; II — скруббер-гидравлик; III — конденсатор; IV — адсорбер с силикагелем; V — воздушный нагреватель; VI — диафрагма с тигмомером Креля для измерения количества воздуха; VII — диафрагма с тигмомером Креля для измерения количества газа; VIII — диафрагма с тигмомером Креля для измерения количества газа — контролируемой атмосферы; IX — диафрагма для добавок исходного газа; X — воздушная дукла; XI — манометр. 1 — древесный уголь; 2 — кольца Рашига; 3 — древесная стружка; 4 — силикагель. а — исходный (природный) газ; б — продукты частичного сжигания а — газ — контролируемая атмосфера; г — воздух холодный; д — воздух нагретый; е — газ и воздух на выхлоп; жс — вода, конденсат

Ввиду того что в указанной атмосфере главным обезуглероживающим стал агентом является двуокись углерода, удаление его из газа должно дать положительные результаты. Поэтому для предотвращения в рабочем объеме печи хода реакции водяного газа в направлении образования двуокиси углерода $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ не-

обходима дополнительная осушка газа. Таким образом к установке, кроме описанных выше элементов, добавляется абсорбер для очистки газа от CO_2 и адсорбер для осушки.

Очистка обычно производится 50%-ным водным раствором моно- или триэтанолamina, а осушка газа — силикагелем [10]. Газ — контролируемая атмосфера ПСО-0,6, имеет состав: 10—16% CO ; 12—

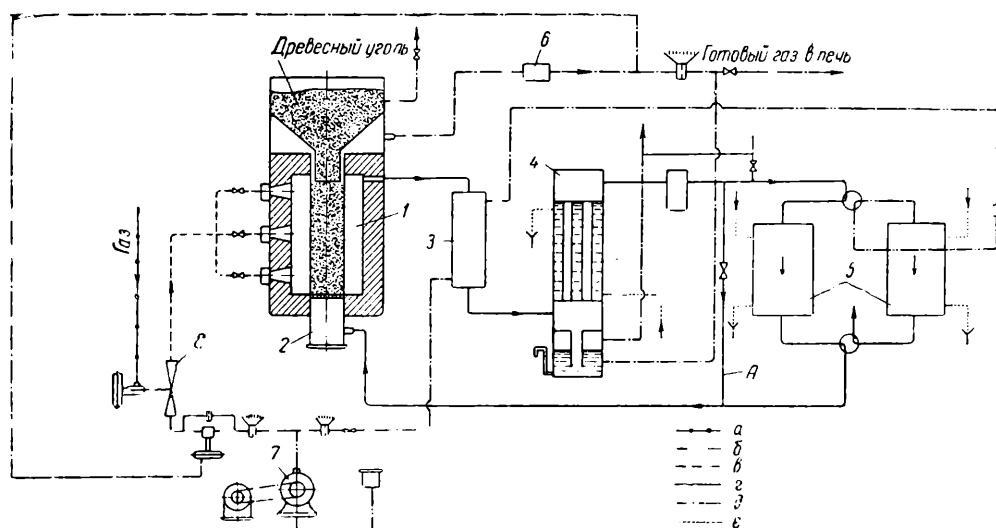


Рис. 2. Технологическая схема получения контролируемой атмосферы ПСО-Эндо 2 и ПСО-Эндо 3.

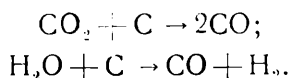
1 — камера частичного сжигания; 2 — реторта с древесным углем; 3 — рекуператор для подогрева воздуха; 4 — охладитель газа; 5 — адсорбер с силикагелем; 6 — фильтр; 7 — воздушодувка; 8 — смеситель газа и воздуха. Контролируемая атмосфера ПСО-Эндо 2 получается при пропуске газа по линии А, минуя адсорбер 5. а — исходный газ; б — воздух; в — смесь газа с воздухом; г — продукты сжигания газа; д — контролируемая атмосфера; е — вода

18% H_2 ; $\leq 3\%$ CH_4 ; остальное N_2 при влажности, соответствующей точке росы -40° (0,010%).

При данной схеме возможно также использовать продукты полного горения газа при $a = 0,9—0,95$. В этом случае выход газа увеличивается до $8,0 \text{ м}^3/\text{м}^3$; получаемая атмосфера ПСО-1,0 содержит $\leq 0,2\%$ CO_2 ; $\leq 3\%$ CO ; $\leq 3\%$ H_2 ; остальное N_2 при влажности, соответствующей точке росы -40° .

Атмосферы ПСО-0,6 и ПСО-1,0 являются защитными от окисления и обезуглероживания, но установка в этом случае сложна по конструкции и требует тщательного ухода в эксплуатации.

Весьма интересен и прост третий способ получения контролируемой атмосферы, пригодной для любых технологических операций термической обработки. Он заключается в том, что продукты частичного сжигания пропускают при $1000—1100^\circ$ через древесный уголь. При этом газы взаимодействуют с углем по следующим эндотермическим реакциям:



Состав контролируемой атмосферы, в зависимости от способов ее приготовления по одной из трех приведенных на рис. 1 и 2 схем с использованием указанных выше эндотермических реакций, приведен в таблице.

В зависимости от способов последующей обработки продуктов частичного сжигания установки состоят либо только из генератора и охладителя газа, либо из генератора, охладителя и адсорбера.

Характеристика контролируемой атмосферы — Эндо газа

Тип атмос- феры	Условное обозна- чение	Способ получения	Примерный состав атмосферы в % *				Влажность, точка росы в °С	Выход м³/мв исходного газа
			CO ₂	CO	H ₂ **	CH ₄		
CO ₂ -CO-H ₂ -N ₂	ПС-Эндо 1	Частичное сжигание га- за с $\alpha = 0,6-0,95$ с пропуском продуктов сжигания через ретор- ту, заполненную дре- весным углем при 950—1100° и после- дующей осушкой ***. (Схема рис. 1)	0,2	28—30	6—16	<2	—40	7,0
	ПС-Эндо 2	Частичное сжигание га- за с $\alpha = 0,6-0,95$, охлаждение продук- тов сжигания до 15— 20° с последующим пропуском их через реторту, заполненную древесным углем при 950—1100°. (Схема рис. 2 с пропуском газа по линии А) . .	Следы	30—34	2—10	Следы	—25	7,2
	ПС-Эндо 3	Частичное сжигание с $\alpha = 0,6-0,95$ газа, охлаждение и осушка продуктов сжигания в адсорбере с после- дующим пропуском их через реторту, за- полненную древесным углем при 950—1100°. (Схема рис. 3)	Следы	33—35	0,5—10	Следы	—40	7,5

* Остальное N₂.

** С увеличением коэффициента избытка воздуха — α содержание водорода в продуктах частичного сжигания уменьшается.

*** Возможно получение атмосферы и без последующей осушки, с влажностью при точке росы +15°.

На рис. 3 дан общий вид спроектированной автором установки для газовой цементации и светлой закалки по данным, опубликованным в технической литературе США. Установка¹ выполнена по технологической схеме, приведенной на рис. 1, и состоит из следующих элементов:

1) камеры частичного сжигания с вмонтированной в нее ретортой, заполненной древесным углем (при получении атмосферы типа ПС-0,6 реторта и бункер могут быть удалены);

2) скруббера для охлаждения и очистки от сажи газа водой (скруббер в нижней части заполнен коксом, в верхней — древесной стружкой);

3) скруббера-каплеуловителя;

4) адсорбера для осушки газа силикагелем; адсорбер состоит из двух попеременно работающих колонок (нагрев воздуха до 200—250° осуществляется в отдельной камере). Установка рассчитана на производительность от 3 до 17 м³/час газа — контролируемой атмосферы

¹ Рабочие чертежи установки выполнены конструктором инж. Д. С. Листгартеном.

ПС-Эндо 1 и отличается универсальностью. Она может давать атмосферы для светлого отжига и нормализации, светлой (чистой) заковки средне- и высокоуглеродистых сталей. Для этих процессов может

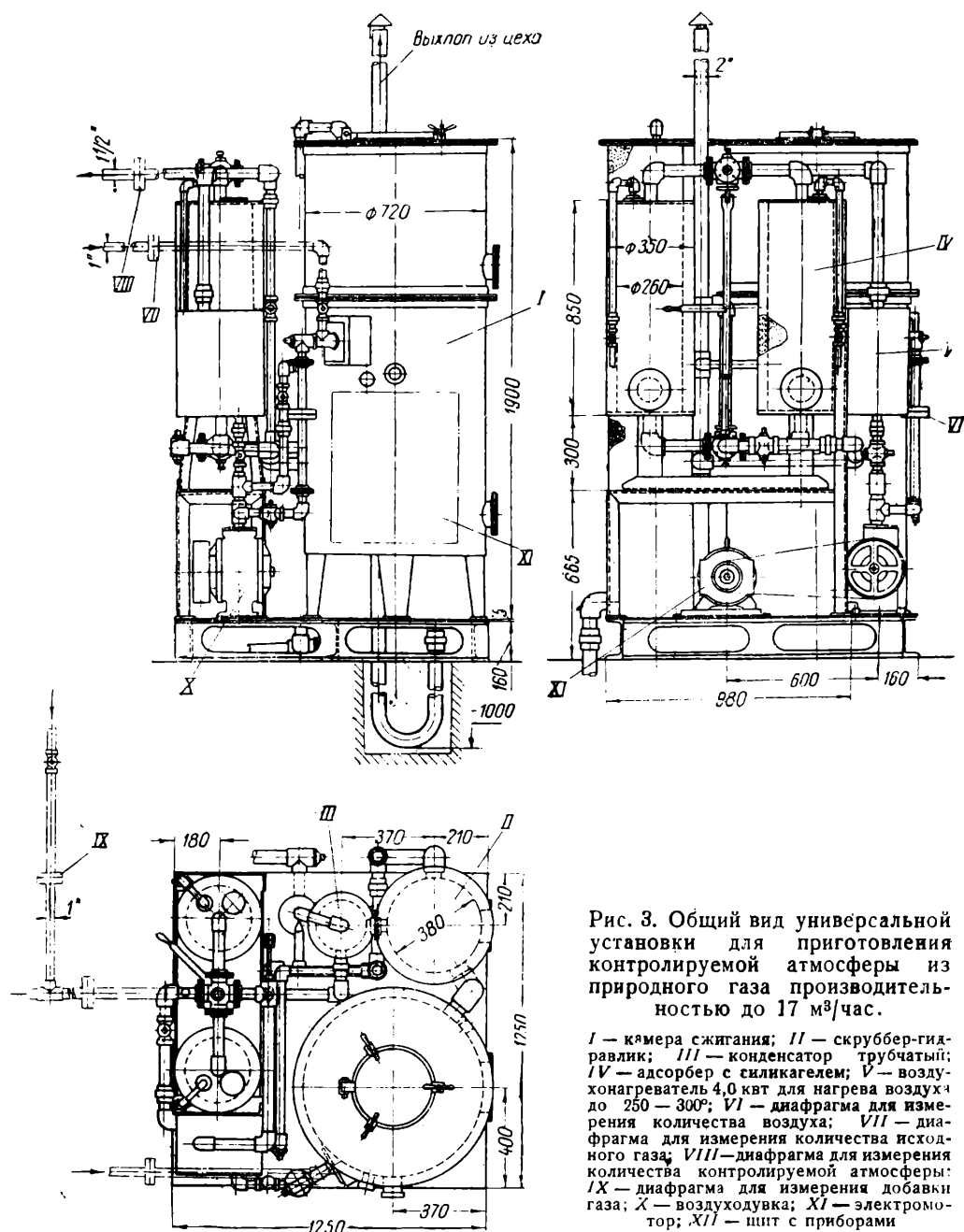


Рис. 3. Общий вид универсальной установки для приготовления контролируемой атмосферы из природного газа производительностью до 17 м³/час.

I — камера сжигания; II — скруббер-гидравлик; III — конденсатор трубчатый; IV — адсорбер с силикагелем; V — воздушонагреватель 4,0 квт для нагрева воздуха до 250 — 300°; VI — диафрагма для измерения количества воздуха; VII — диафрагма для измерения количества исходного газа; VIII — диафрагма для измерения количества контролируемой атмосферы; IX — диафрагма для измерения добавки газа; X — воздуходувка; XI — электромотор; XII — щит с приборами

быть также получена атмосфера ПС-0,6 прямым путем без применения древесного угля и без осушки газа в адсорбере с силикагелем. Состав атмосферы: 4—5% CO₂; 6—12% CO; 12—17% H₂; ≤ 3% CH₄; остальное N₂, при осушке до точки росы +15°. Чтобы предотвратить обезуглероживание средне- и высокоуглеродистых сталей, к этой атмосфере необходимо добавить 2—4% исходного газа. При добавке 6—8% исходного газа атмосфера будет пригодна также для газовой цементации.

Для светлой закалки, светлого отжига и нормализации средне- и высокоуглеродистых сталей применима атмосфера ПС-Эндо 1 с последующей осушкой силикагелем до точки росы -40° или без осушки (точка росы $+15^{\circ}$). Добавка к этой атмосфере 4—6% исходного газа дает атмосферу для газовой цементации.

ЛИТЕРАТУРА

1. La Pelle R. R. and Carpenter C. H., „The Iron Age“, 1933, 28/IX, vol. 132.
2. Webber H., „Metal Progress“, 1933, May.
3. „Контролируемые атмосферы в печах для термообработки автотракторных деталей“, перев. с англ. под ред. инж. З. Л. Регирера и инж. А. А. Шмыкова, Машгиз, 1939.
4. „Цементация стали“, перев. с англ. под ред. инж. З. Л. Регирера и инж. А. А. Шмыкова, Машгиз, 1940.
5. Controlled atmospheres, ASM, 1941.
6. Шмыков А. А., „Контролируемые газовые среды (атмосферы)“, ч. I и II, Стеклогр. изд. НАТИ, 1939.
7. Peck C. E., Atmospheris for annealing Metals, „Metals and Alloys“, 1945, июль, vol. 22, № 1.
8. Harris F. E., Gas depth, „Metal Progress“, 1943, VIII, vol. 44, № 2.
9. Шмыков А. А., Применение саратовского природного газа в промышленности, „Вестник машиностроения“ № 5, 1945.
10. Шмыков А. А., Контролируемые атмосферы, Энциклопедический справочник „Машиностроение“ (в печати).
11. Fisher A. I., „Iron and Steel Engineer“, 1937, IV, vol. 4.
12. Шмыков А. А., Приготовление защитных атмосфер из сжиженных углеводородных газов, „Среднее машиностроение“ № 7—8, 1941.
13. Нейп Н. М., Wire and Wire Products, 1936, X, vol. 11, № 10.

Обработка режущего инструмента при температурах ниже нуля

Канд. техн. наук И. Н. ЛАГУНЦОВ и Б. Я. БАШКИРОВ

За последнее время сильно возрос интерес машиностроителей к процессу обработки закаленной стали при температурах ниже нуля. Наиболее обстоятельными исследованиями в этом направлении, относящимися к быстрорежущим сталям, являются работы А. П. Гуляева [1, 2], Гордон и Коген [3] и Роберт и Джиль [4].

В результате этих работ установлено следующее:

1. Охлаждение до температур ниже нуля закаленной стали, содержащей остаточный аустенит, вызывает его превращение в мартенсит.
2. Превращение аустенита в мартенсит при отрицательных температурах происходит более интенсивно в том случае, если охлаждение следует непосредственно за закалкой, без длительной выдержки при комнатной температуре.
3. Длительная (более одного часа) выдержка после закалки при комнатной температуре ведет к своеобразному явлению стабилизации аустенита.
4. Скорость охлаждения не оказывает заметного влияния на превращение остаточного аустенита.
5. Обработка стали при температуре ниже нуля повышает твердость (на 1—2 ед. Rc) и улучшает режущие свойства инструмента. На основании литературных данных был приведен эксперимент. Обработке при температуре ниже нуля подвергался режущий инструмент, как непосредственно после закалки (до отпуска), так и окончательно термиче-

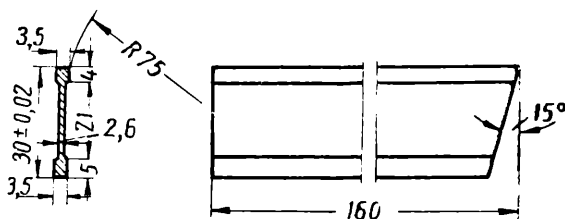
ски обработанный (из цеховых кладовых). Последний обрабатывался при температуре охлаждения -75° в смеси сухого льда и спирта с выдержкой 2 часа и последующим отпуском при 150° с выдержкой 2 часа. Результаты испытаний обработанного по этому режиму режущего инструмента на станках, в цеховых условиях¹, даны в табл. 1.

Таблица 1

Тип инструмента	Стойкость (количество снятых деталей до затупления)		Повышение стойкости %
	средняя нормальная	после обработки при температуре ниже нуля	
Зенкеры	660	730	10,0
Расточные пластины	680	820	20,0
Профильные резцы	600	692	15,0

Несомненно, что эти результаты могут быть значительно улучшены при более тщательном проведении процесса обработки, применении более низких температур и сокращении интервала времени между закалкой и низкотемпературной обработкой.

Последней непосредственно после закалки подвергались отрезные резцы (рисунк), изготовленные из стали марки РФ1. Эти резцы на подшипниковых заводах широко применяются при изготовлении колец из трубной заготовки.



Размеры и форма отрезного резца

Термическая обработка резцов производилась по трем режимам:

Режим 1. Подогрев до $840-850^{\circ}$; нагрев до 1280° , выдержка 1 мин.; закалка в масле при $30-40^{\circ}$; трехкратный отпуск при температуре 560° с выдержкой по 1 часу.

Этот режим соответствует нормальной термической обработке быстрорежущей стали и обычно применяется на большинстве машиностроительных и инструментальных заводов. При этом, как и при всех последующих режимах, резцы подогревались в свинцовой ванне, а окончательный нагрев осуществлялся в электродной хлорбариевой ванне типа СП-35. Температура зеркала ванны замерялась ардометром, показания которого предварительно были сверены с показаниями эталонной платино-платинородиевой термпары. Отпуск резцов производился в камерной электропечи. Их твердость после указанной обработки была в пределах $62,5-63,5 R_{C 157}$.

Режим 2. Подогрев до $840-850^{\circ}$; нагрев до 1280° , выдержка 1 мин.; закалка в масле при $30-40^{\circ}$; отпуск на 560° , выдержка 1 час; переохлаждение до температуры -72° , выдержка 1 час; второй отпуск на 560° , выдержка 1 час; третий отпуск на 450° , выдержка 1 час.

Характерной особенностью этого режима является то, что переохлаждение до отрицательной температуры ведется между первым и

¹ Наблюдение за испытанием² проведено инж. Зельвер и инж. Мельниковым под руководством канд. техн. наук М. З. Народецкого.

вторым отпуском. Таким путем предотвращается появление микротрещин при переохлаждении, что несомненно оказало бы отрицательное влияние на стойкость резцов. В результате отпуска напряжения понижаются, а следовательно, уменьшается опасность возникновения микротрещин.

Режим 3. Подогрев до $840\text{--}850^\circ$; нагрев до 1280° , выдержка 1 мин.; закалка в соляной ванне с температурой 450° , выдержка 5 мин. (ступенчатая закалка); охлаждение на воздухе до температуры окружающей среды; переохлаждение до температуры -72° , выдержка 1 час; 2-кратный отпуск на 560° с выдержкой по 1 часу.

Ступенчатая и особенно изотермическая закалка представляет собой то новое, что непосредственно следует из обширных работ по исследованию превращения аустенита. Благодаря выдержке изделия в нагретой среде исключается резкий температурный перепад между центром и поверхностью. Превращение аустенита в мартенсит в этом случае протекает более равномерно по всему сечению с минимальной деформацией изделия.

По утверждению Бейна [5] такая закалка исключает появление микротрещин в закаленной стали. Это дало основание применять переохлаждение до отрицательных температур непосредственно после закалки без предварительного отпуска.

Результаты испытаний резцов приведены в табл. 2. Как показывают приведенные данные, низкотемпературная обработка повышает твердость резцов на 1,5—2 ед. R_C .

Таблица 2

Режим термообработки	Стойкость (среднее количество снятых колец до затупления резца)	Стойкость в % к стойкости нормально обработанных резцов	Твердость R_C
Нормальный	25	100	62,5—63,5
Переохлаждение после первого отпуска	32	126	62,5—64,0
Переохлаждение после закалки	34	135	64,0—65,0

Резцы испытывались при следующем режиме: число оборотов в минуту 148; скорость резания 30 м/мин; подача 0,08 мм; машинное время резания 62 сек.

Резец закреплялся в супорте с помощью оправки. Вылет резца из оправки 28 мм. Материалом для испытания служила трубная заготовка из стали ШХ15; наружный диаметр трубы 65 мм, внутренний диаметр 43 мм; микроструктура обрабатываемой стали—зернистый перлит; твердость 197—207 H_B . Вылет трубы при зажиме в патроне 100—120 мм.

Критерием затупления резца было принято снятие задней грани от 1,2 до 1,8 мм, а по передней грани 1,0 мм. Количество затуплений на один резец — 5.

Из этих данных следует, что обработка резцов при температуре ниже нуля увеличивает их режущие свойства на 26—36%. Физической основой этого является следующее. При нормальном режиме термической обработки превращение остаточного аустенита происходит во время отпуска и делится на несколько стадий:

а) при нагреве до температуры отпуска снимаются внутренние напряжения и уменьшается тетрагональность кристаллической решетки

первичного мартенсита, что сопровождается некоторым понижением твердости и уменьшением объема;

б) во время выдержки при температуре отпуска происходит выделение карбидов из аустенитной составляющей, сопровождающееся повышением твердости; легированность остаточного аустенита при этом уменьшается;

в) при охлаждении остаточный аустенит (обедненного состава) переходит в мартенсит; этот процесс также сопровождается повышением твердости с увеличением объема.

Необходимо отметить, что повышение твердости наступает раньше, чем закончится превращение остаточного аустенита в мартенсит.

При обработке закаленной быстрорежущей стали при температуре ниже 0° из остаточного аустенита образуется только одна фаза — мартенсит, который по своему химическому составу идентичен превращенному аустениту.

Таким образом мартенсит, образовавшийся под действием низкотемпературной обработки, следующей непосредственно за закалкой, является более легированным по сравнению с мартенситом отпуска. Предварительный отпуск перед переохлаждением уменьшает легированность аустенита и тем самым снижает эффективность низкотемпературной обработки.

Результаты проведенных лабораторных и цеховых экспериментов по применению низкотемпературной обработки режущего инструмента, изготовленного из стали РФ1, позволяют сделать следующие выводы:

1. Данные, опубликованные в американской технической литературе о повышении под действием холода стойкости режущего инструмента на 100—300%, не подтверждаются. Однако из этого не следует, что обработка инструмента при температуре ниже нуля является рекламной и ненужной.

2. Наиболее эффективный режим термической обработки инструмента — режим ступенчатой закалки с последующим двукратным отпуском. Он позволяет вести переохлаждение без предварительного отпуска, что значительно увеличивает эффективность низкотемпературной обработки. Для массивного инструмента этот режим закалки должен быть дополнительно проверен.

3. Обработка режущего инструмента из стали РФ1 при температуре ниже нуля представляет собой один из основных факторов повышения качества инструмента и подлежит широкому внедрению на машиностроительных и инструментальных заводах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев А., Усовершенствованная термическая обработка быстрорежущей стали, „Металлург“ № 12, 1937.
2. Гуляев А., Превращение остаточного аустенита быстрорежущей стали при температурах ниже нуля, „Металлург“ № 8, 1939.
3. Гордон и Кохен, Превращение остаточного аустенита в быстрорежущих сталях при температуре ниже нуля. Протоколы Америк. о-ва металлов, № 3, 1942. и „Iron Age“, март — апрель, 1946.
4. Роберт и Джилль, Некоторые влияния охлаждения ниже нуля на свойства быстрорежущей стали, „Steel“, № 12, 1944.
5. Бейн Э., „Trans. of Am. Society for Metals“, 1934, vol. 22.

Электролитическое железнение нержавеющей стали

Канд. техн. наук, доц. Н. Т. КУДРЯВЦЕВ и И. Г. СОЛНЦЕВА

Как известно, нержавеющие стали определенного состава хорошо сопротивляются действию атмосферных и некоторых жидких агентов. Однако высокая стоимость таких сталей не позволяет широко применять их в качестве исходного материала для различных изделий. Несомненно было бы иначе при организации промышленного получения биметалла: железо — нержавеющая сталь путем горячей прокатки толстых брусьев или листов железа, с наложенными на них полосками или листами нержавеющей стали нужных размеров. Одним из главных затруднений, возникающим в производстве такого биметалла, является плохое сцепление нержавеющей стали с железом, так как она не приваривается к железу при горячей прокатке.

Для устранения этого недостатка был исследован способ предварительного (перед прокаткой) электролитического железнения нержавеющей стали. Электролитические осадки металлов, нанесенные при обычно применяемых в гальваностегии условиях, также очень плохо сцепляются с нержавеющей сталью.

Основной причиной плохого сращивания электролитического покрытия с нержавеющей сталью является, повидимому, присутствие в последней окислов хрома. Получение прочно пристающих осадков другого металла, очевидно, возможно только при полном освобождении покрываемой поверхности от окисных пленок и сохранении ее в активном состоянии до начала электролиза. Условия подготовки поверхности, обычно применяемые перед электролитическими покрытиями железа и меди, оказались непригодными для нержавеющей стали. Даже при глубоком травлении ее с последующей очисткой от шлама электролитические осадки никеля, цинка, меди и других металлов легко отслаиваются. Поэтому главной целью данной работы было подыскать такой метод подготовки поверхности нержавеющей стали, который обеспечивал бы плотное приращивание к ней электролитических осадков железа.

Взятая для экспериментирования нержавеющая сталь имела следующий химический состав: 0,1% С; 0,4% Мп; 0,6% Si; 18% Cr; 9% Ni; 0,6% Ti; <0,03% S и P.

По внешнему виду образцы (пластины толщиной 1 ÷ 5 мм) обладали светлой поверхностью, свободной от окалина и видимых жировых загрязнений. Для удаления окалина при предварительной подготовке применялось травление в соляной кислоте; некоторые пластины подвергались пескоструйной очистке.

Придавая большое значение конечному состоянию покрываемой поверхности, особое внимание обращалось на подбор наиболее эффективного и рационального метода подготовки образцов стали непосредственно перед покрытием. Несколько таких проверенных способов подготовки даны в табл. 1.

Электролитическое осаждение железа производилось в горячем хлористом электролите¹ следующего состава: хлористое железо 6—7 г/л ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) и соляная кислота 0,05—0,1 N. Температура электролита 95—100°. Плотность тока $D^* = 8 \div 10$ а/дм². Толщина покрытия железом принималась во всех случаях 0,1 ÷ 0,2 мм.

Испытание осадков железа на прочность сцепления их с основанием производилось путем перегиба образцов в разные стороны (на 90 и

¹ Разработан в Моск. полиграфич. ин-те, диссертационная работа Ф. С. Степачева, проведенная под руководством Н. Т. Кудрявцева.

180°). Отдельные образцы после покрытия подвергались нагреванию до темнокрасного каления.

Во всех случаях покрытие железом было светлым и достаточно гладким. Испытания на прочность сцепления с нержавеющей сталью

Таблица 1

Наименование операций	С п о с о б ы					
	1	2	3	4	5	6
Обезжиривание	Протирка волосяными щетками, смоченными жидкой кашицей из гашеной извести и воды или мела и 3% раствора едкой щелочи					
Промывка	В холодной проточной воде					
Химическое травление: раствор HCl, % температура, °C время, мин.	10 50÷60 5÷6	— — —	10 50÷60 5÷6	— — —	— — —	— — —
Анодное травление: раствор HCl, % температура, °C плотность тока D_a , а/дм ² время, мин.	— — — —	2,5÷5,0 20 8÷10 1÷3	— — — —	2,5÷5,0 20 8÷10 1÷3	2,5 20 8÷10 1	— — — —
Промывка	В холодной проточной воде				—	—
Очистка от травильного шлама	Протирка мокрой волосяной щеткой				—	—
Промывка	Сильной струей холодной воды				—	—
Анодное декапирование .	—	—	Электролит для железнения; $t = 90 \div 100^\circ$, $D_a = 8 \div 10$ а/дм ² , время $\approx 0,5$ мин., с последующим переключением изделий на катод (для железнения), не выгружая из ванны		—	По 3 и 4-му способам

показали, что наилучшие результаты получаются после подготовки образцов по 2, 4 и 5-му способам.

Отслаивания осадков железа не наблюдалось ни после перегиба (образцы изгибались несколько раз до перелома основания), ни после нагревания до темнокрасного каления. При подготовке поверхности другими способами покрытие отслаивалось уже на первом изгибе.

Следует отметить, что после анодного травления в растворе соляной кислоты (2, 4 и 5 способы) поверхность нержавеющей стали,

обычно светлая и блестящая, становится тусклой и темносерой. Травильный шлам, остающийся на поверхности в небольшом количестве, легко удаляется волосяной щеткой. Если травление продолжается не больше одной минуты (5-й способ), то едва заметные следы шлама на поверхности стали легко смываются струей воды.

Таким образом необходимой операцией подготовки поверхности нержавеющей стали, обеспечивающей плотное приствание к ней железного осадка, является анодное травление в разбавленном (2,5—5%) растворе соляной кислоты. Этим достигается более полное, чем при химическом травлении, удаление с поверхности стали окислов хрома. Образующиеся во время промывки и переноса пластин (в ванну для железнения) пленки окислов, очевидно, настолько тонки, что для их удаления достаточно действия железного электролита.

Кроме того, для выяснения влияния природы и состава железного электролита на прочность сцепления электролитических осадков с нержавеющей сталью были проведены опыты по осаждению железа из других растворов (сернистого «горячего» и «холодного» электролитов) и по никелированию из сернистого холодного электролита.

Состав этих электролитов, а также режим процесса даны в табл. 2.

Таблица 2

Электролит	Для железнения		Для никелирования
	горячий	холодный	холодный
Состав:			
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, г/л	400	200	—
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, г/л	—	—	200
H_2SO_4 , N	0,05÷0,1	—	—
H_3BO_3 , г/л	—	—	15
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, г/л	—	—	30
NaCl , г/л	—	50	2÷3
pH	—	5	5,0÷5,2
Температура, °C	100	20	18—23
Плотность тока, а/дм ²	8—10	0,2	1,0—1,5
Продолжительность процесса, час.	1,5	30	0,75
Толщина покрытия, мм	0,15	0,07	0,009—0,012

Подготовка поверхности пластин производилась по 2-му способу.

Испытания пластин после покрытия показали, что осадки никеля и железа из холодного электролита легко отслаиваются. Осадок железа, нанесенный из горячей сульфатной ванны с повышенной кислотностью, не отслаивается, но отличается хрупкостью — при изгибе пластин в покрытии обнаруживаются трещины.

Как видно из этих опытов, состав и температура электролита также влияют на приставаемость электролитических покрытий с нержавеющей сталью. В момент загрузки образцов в ванну для покрытия электролит должен выполнять до некоторой степени роль декапировочного раствора. Тончайшие пленки окислов, образующиеся на поверхности стали во время ее промывки (после травления), должны легко удаляться при погружении катода в ванну покрытия. Их удалению, видимо, способствуют повышенные кислотность и температура электролита.

Для проверки результатов лабораторных исследований были покрыты железом пластины нержавеющей стали размером 350×160×6—7 мм

на толщину слоя $\approx 0,15$ мм. Железнение производилось в горячей хлористой ванне (табл. 2). Подготовка поверхности осуществлялась по 2 и 4-му способам.

Покрытые пластины были подвергнуты испытанию — горячей прокатке с наложенными листами железа. Прочность сцепления железа с нержавеющей сталью оказалась вполне удовлетворительной.

В 1941 г. на одном из заводов СССР была оборудована опытная ванна емкостью около 1000 л для электролитического железнения производственных образцов нержавеющей стали в виде брусков длиной ~ 500 мм и толщиной $50 \div 100$ мм. После железнения в горячем серно-кислом электролите ($\text{pH} = 0,05 - 0,1$) бруски комбинировались с сутунками (или «чушками») железа в специальные пакеты, которые подвергались затем горячей прокатке. Испытания подтвердили хорошее сцепление железа с нержавеющей сталью.

Выводы

1. Исследованы и подобраны условия подготовки поверхности и железнения нержавеющей стали, обеспечивающие прочное сцепление покрытия с основанием.

2. Установлено, что лучшие результаты достигаются при подготовке поверхности по 2 и 5-му способам и железнении в горячем хлористом или сернокислом электролите с повышенной кислотностью.

3. Процесс железнения нержавеющей стали проверен в производственных условиях с положительными результатами.

Опыт отливки кузнечных штампов¹

Инж. И. А. ПОПЛАВСКИЙ

Метод точного литья имеет исключительно важное значение в деле изготовления доброкачественного инструмента, в особенности такого, который требует трудоемкой, станочной и ручной слесарной обработки. К числу таких инструментов относятся кузнечные штампы, в изготовлении которых до 60—80% приходится на ручную слесарную работу и на доводку. При мелкосерийном производстве деталей стоимость изготовления таких штампов ложится большим накладным расходом на каждую откованную деталь.

Экспериментальной лабораторией ЦНИИТМАШ проведена научно-исследовательская работа, в которой была поставлена задача получить литьем готовый кузнечный штамп дляковки под падающим молотом или штамповки на фрикционном прессе.

Объектом экспериментальных работ были глубокие штампы дляковки державок строгальных резцов. Они предназначались для первой операции — гибки державок сечением 16×25 мм. Такой штамп состоит из матрицы с щелевидным гнездом

¹ От редакции. За последнее время вопрос изготовления штампов путем отливки привлекает все большее внимание исследователей и производителей.

В середине 1945 г. инженерами А. М. Нахимовым, Ф. И. Котоминым и П. М. Платоновым (Ленинградский Кировский завод) была проделана работа по освоению производства литых кузнечных штампов. При штамповке на 1—1,5-тонном молоте эти штампы позволили снять с каждого по 1300—2000 деталей без заметного износа штампа. Состав стали: 0,54% С; 0,40% Si; 0,56% Mn; 0,86% Cr; 2,27% Ni; 0,1% V и 0,38% Mo отличается от стали, предложенной инж. Поплавским, по содержанию никеля, молибдена и ванадия, введенных исследователями в большом количестве с целью повысить стойкость штампа. Это себя и оправдало. Штампы Кировского завода оказались более стойкими (инж. Поплавским снято со штампа 100 деталей без заметного износа, а на Кировском заводе — 1300—2000).

Инж. Поплавский совершенно правильно подчеркивает, что, применив литые штампы, можно будет внедрить штамповку в мелкосерийное производство, где до сих пор ее трудно было использовать из-за дороговизны штампов.

(рис. 1) и ударяющей части — пуансона с гребнем соответствующего профиля и размеров (рис. 2). Вес матрицы 8 кг, вес пуансона 2,4 кг.

Гнездо матрицы образовывалось земляным стержнем. Сухой стержень закладывался в гнездо модели матрицы и заформовывался в опоке. Вместе с формой матрицы он направлялся в сушилку. Формы и стержни изготовлялись вручную, на верстках. Для формовки применялись два состава: облицовочный и наполнительный.

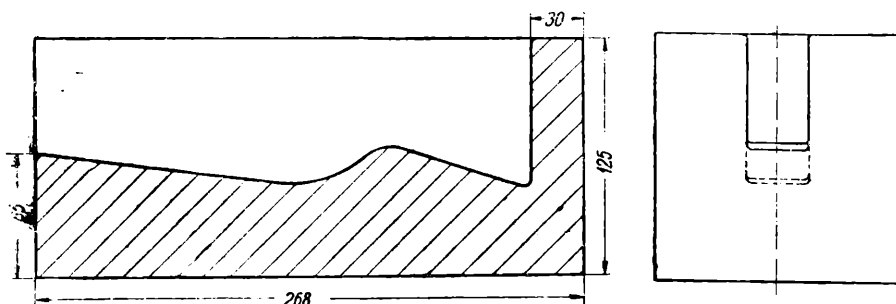


Рис. 1

Облицовочная смесь имела следующий состав: 70% песка кварцевого К 70/100; 25% маршалита; 3,5% глины огнеупорной; 1,5% декстрина. Физико-механические показатели смеси: газопроницаемость смеси 90—120 см/мин; прочность на сжатие по сырому 0,2—0,15 кг/см², влажность 6,7%.

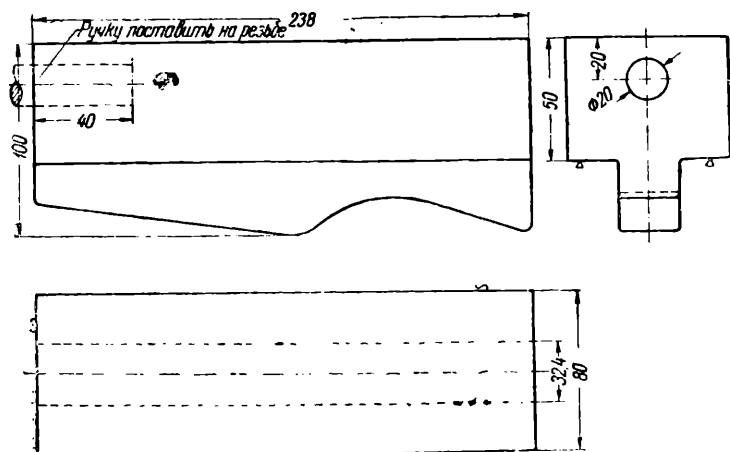


Рис. 2

Модель обкладывалась слоем облицовочной смеси толщиной не более 10 мм, при большей толщине слоя газопроницаемость становится недостаточной. Наполнительная смесь составлялась из горелой смеси с добавлением 7—8% красной глины. Физико-механические свойства наполнительной смеси не проверялись. Центральной стержень нижнего штампа изготовлялся из той же облицовочной смеси. Формы и стержни сушили в электрическом шкафу при температуре 230—280°.

Формы и стержни покрывались маршалитово-мучной краской путем окунания. Краска содержала 85—90% маршалита и 15—10% мучной пыли; смесь разбавлялась водой до консистенции сливок. После окраски производилась просушка при 120—130°, либо форма и стержень просыхали за счет тепла горячей формы.

Для ускорения работ были сделаны деревянные модели для обеих половинок штампа (рис. 3). С целью сокращения модельных работ стержневой ящик для центрального стержня не делался. Модель нижнего штампа (рис. 3, а) была чистой и по ней изготовлялся стержень гнезда. Для свободной выкладки стержня одна щека модели была съемной.

Плавка металла производилась в высокочастотных печах емкостью 10—12 кг с ламповым трансформатором, мощностью 60—70 квт. Печь имела кислую футеровку, материалом для которой служил чистый молотый кварцит с добавлением 2—2,5% борной кислоты для связи набойки. В качестве флюса применялось битое стекло.

Металл разливался ручным ковшом-ложкой, емкостью 15—16 кг.

Штампы отливались из хромо-никелево-молибденовой стали марки 5ХНМ следующего состава: 0,4—0,7% С; 0,6—1,1% Cr; 1,2—1,75% Ni; 0,15—0,3% Mo; 0,4—0,8% Mn; 0,15—0,3% Si; $P \leq 0,03\%$; $S \leq 0,03\%$.

Шихтой служили обрезки мягкой стали марки 10-10, содержащей 0,08—0,15% С; 0,4—0,7% Mn; $S \leq 0,03\%$; $P \leq 0,035$. В качестве присадок добавлялись соответствующие ферросплавы.

Состав шихты и присадок приведен в таблице.

Ферромарганец в шихту не вводился, так как он в достаточном проценте содержался в стали 10-10.

Продолжительность плавки составляла 12—14 мин. Температура плавления 1560—1580°; температура заливки 1510—1520°.

При заливке применялась либо горизонтальная закрытая атмосферная прибыль, либо открытая вертикальная прибыль на торцевой стороне отливки. Верхний штамп-пуансон получался хорошего качества и в том и в другом случае (рис. 4); нижний штамп-матрица имел пригар внутреннего стержня и, шероховатую поверхность гнезда. В глубоком месте гнезда штампа появлялись небольшие усадочные трещины. Объясняется это тем, что тонкий земляной стержень гнезда заливался металлом со всех сторон и таким образом отвод газов и тепла был затруднен. При горизонтальной формовке и вертикальной заливке стержневая смесь почти не пригорала, гнездо штампа получалось чистым. Металл заливался

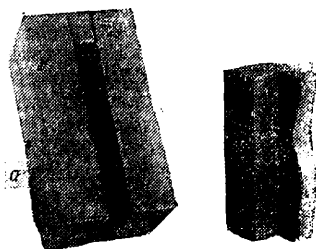


Рис. 3

Шихта и присадки	Средний состав отливки %	Расчетн. угар элементов %	На садку в 10 кг		Примечание
			%	г	
Сталь 10-10	—	—	95,6	9560	В твердую завалку
Графит (60й электродов) .	0,5	10	0,45	45	
Феррохром (54%)	0,7	5	1,4	140	
Никель металлический . . .	1,7	—	1,7	170	
Ферро-молибден (60%) . . .	0,3	5	0,53	53	В жидкую ванну
Ферро-силиций (75%)	0,2	12	0,22	22	
Алюминий как раскислитель	—	—	0,15	15	В ковш

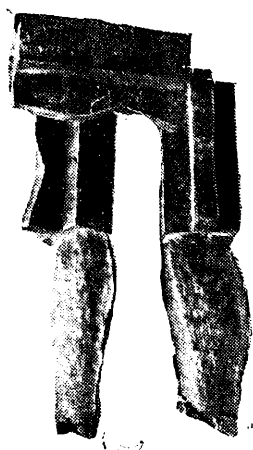


Рис. 4



Рис. 5

непосредственно в прибыль. Однако при подводе прибыли в широкую часть отливки (рис. 5, а) в углах и на дне ее гнезда появились трещины. Тогда модель была повернута на 180° и прибыль ставилась на открытый торец отливки (рис. 5, б).

После этого усадочные раковины в углах и глубоких местах штампа исчезали и литье получалось здоровым. Вес прибыли достигал 60—70% от веса отливки.

Для механической обработки плоскостей соприкосновения обеих половинок штампа намечался припуск в 2—2,5 мм. Однако отливки имели совершенно чистые и гладкие плоскости; они не обрабатывались и припуск был снят.

Химический состав стружки литых штампов был следующий: 0,69% С; 0,68% Cr; 1,73% Ni; 0,51% Mo; 0,41% Mn; 0,36% Si; S и P—нет.

Некоторое увеличение содержания кремния объясняется тем, что он восстанавливался из кислой футеровки печи. В последующих плавках содержание молибдена и кремния было доведено до нормальных пределов, соответствующих составу хромо-никелево-молибденовых сталей, применяемых для изготовления кованных штампов.

Отливки выбивались после полного остывания их вместе с формой. Отрезка прибылей производилась на токарном станке или дисковой пилой; при этом сразу получалась ровная поверхность, не требующая механической обработки. Незначительные заливы по разьему опоки (рис. 5, в и г) обтачивались на наждачном станке. Гнездо штампа немного зачищалось напильником и тонкой наждачной шкуркой.

В сыром виде литая сталь 5ХНМ трудно поддается обработке режущим инструментом. При сверлении отливок для получения пробы на химический анализ стружка получалась весьма раздробленная, и на глубине сверления 15—20 мм сверло при-туплялось. Твердость сырой отливки составляла 300 H_B .

Для улучшения структуры литых штампов и для измельчения крупного зерна перед дальнейшей термической обработкой отливки подвергались нормализации и отжигу.

Нормализация производилась при температуре 845—880°. Штампы загружались в электропечь при температуре 300—320°. Температура медленно поднималась с выдержкой в течение 1,5 часа при 500, 650 и 850°. После охлаждения на воздухе до температуры 350—400° отливки направлялись в отжиг, который производился при температуре 735—760° в электрической печи. Подъем температуры был медленный из расчета 1 час на 25 мм толщины большего изделия (4,5—5 час.). Выдержка при температуре 735—760°—3—4 часа. Отливки охлаждались медленно, вместе с печью. После отжига происходила обработка плоскостей соприкосновения обеих половинок штампа и установка ручек для управления штампами. Ручки ставились на резьбе.

Штампы закаливались в масле, подогревом до 100—120°. Медленный нагрев (в течение 4—5 час.) под закалку производился в электрической печи до температуры 810—830°. Выдержка при этой температуре длилась 1—1,5 часа.

После закалки штампы сразу же подвергались отпуску в электропечи при температуре 300—320°. Твердость штампов мелкосреднего веса из стали 5ХНМ после закалки составляла 350—380 H_B .

Литые штампы испытывались в производственных условиях в кузнечном цехе ЦНИИТМАШ. Так как твердость отливок штампов составляла 300 H_B и мало отличалась от твердости закаленных штампов (350—380 H_B), то в испытание одна пара штампов была пущена без механической и термической обработки.

В отливках штампов были даны припуски 0,3—0,6 мм на сторону для обработки шлифовальным кругом. Допуски на размеры были выдержаны в пределах $\pm 0,25$ мм. Испытание производилось на фрикционном прессе мощностью 100 т. Было отштамповано 100 державок для строгальных резцов из поделочной стали при температуре 1050—1100°.

Ручей и рабочие поверхности штампов после испытания были в хорошем состоянии.

Проведенные работы показали, что изготовление литых кузнечных штампов вполне осуществимо. Штампы могут быть получены совершенно готовыми без механической обработки. Испытания в производственных условиях подтверждают работоспособность литых штампов.

Технология их изготовления отличается простотой и доступна каждому заводу. Высококачественная плавильная установка с ламповым генератором может быть заменена мотор-генераторной установкой или небольшой электродуговой плавильной печью. Рабочий участок при небольшом производстве потребует от 150 до 200 м² площади.

По скорости и дешевизне изготовления этот метод намного превосходит практиковавшееся до сих пор производство штампов из целого куска стали.

Рецензии

СЕРЕНСЕН С. В., ТЕТЕЛЬБАУМ И. М. и ПРИГОРОВСКИЙ Н. И., „Динамическая прочность в машиностроении“. Второе переработанное издание под ред. действ. члена АН УССР С. В. Серенсена, Машгиз, 1945, 328 стр., т. 8000, ц. 30 руб.

Расчет деталей машин, находящихся в колебательном состоянии или под действием переменных напряжений с учетом качества материала, формы надрезов, переходных сечений и поверхностной обработки, должен основываться на усталостной прочности детали — или, как ее называют авторы рецензируемой книги, на динамической прочности.

Запас прочности должен быть при этом максимально уточнен по отношению к пределу усталости той асимметрии цикла напряжений, при которых работает рассчитываемая деталь.

Этому центральному вопросу, а также и большому числу смежных с ними посвящена рецензируемая книга „Динамическая прочность в машиностроении“.

Книга состоит из трех разделов. В первом рассматриваются основы теории колебаний линейных и нелинейных систем, крутильные колебания валов простой и сложной формы, демпфирование колебаний и демпферы, поперечные колебания балок и стержневых конструкций, продольные колебания стержней и витых пружин.

Многочисленные схемы, графики, номограммы и таблицы облегчают подбор нужных величин и коэффициентов, а ряд сложных числовых примеров хорошо иллюстрирует современные способы динамических расчетов. Каждая глава снабжена ссылками на многочисленные источники.

Последняя, новая, глава касается механического и электрического моделирования, с успехом заменяющего массовые кропотливые аналитические расчеты.

Материал в первом разделе, как, впрочем, и в других, подан преимущественно в форме справочного, в результате чего в нем неизбежно сохранились недостатки, общие всем справочникам. Например, вместо изложения основ метода определения частот собственных колебаний стержней и валов по Рейлею в книге дается ряд готовых формул для некоторых частных случаев. Расчетчик, который пожелал бы

воспользоваться рецензируемой книгой, будет лишен возможности прибегнуть к этому простому методу, если его случай не совпадает с рассмотренными в данной главе.

Отсутствие хотя бы кратких выводов и обоснований затрудняет понимание некоторых формул и входящих в них коэффициентов. Это замечание можно отнести, например, к коэффициенту K в формуле (83) (стр. 79). Этот коэффициент „характеризующий свойство материала“, имеет размер-

ность $\frac{\frac{1}{\text{кг}}}{\frac{2}{\text{см}}}$. Значения его даны в табл. 10, где помещено также значение $\tau_{\text{кр}}$. Нетрудно догадаться, что название критических дапо этим напряжениям вследствие некоторой неувязки первой части книги с последней.

Нельзя не отметить также, что книга окажется бесполезной для расчетчика в одной важной фазе расчета, — а именно при желании получить точные значения гармонических составляющих крутящего момента. Ни один из применяемых методов гармонических анализов в книге не приведен. Вместо этого даны графики и таблицы гармонических коэффициентов, сопровождаемые сговоркой, что на данные, содержащиеся в последних, нужно смотреть как на ориентировочные (стр. 62).

Рассматриваемый раздел книги не лишен погрешностей. Например, жесткость ременной передачи, приведенная к валу A , дана неправильной формулой (стр. 43).

$$C = \frac{r_A^2 FE}{l},$$

где r_A — радиус шкива на валу A ;
 F — площадь сечения ремня;
 l — длина ведущей части его;
 E — модуль упругости ремня.

В данном случае жесткость представляет собой отношение момента крутящего по валу M_A к углу поворота шкива φ_A , полученного в результате деформации ремней, т. е.

$$C = \frac{M_A}{\varphi_A} = \frac{Pr_A}{\varphi_A},$$

где P — окружное усилие на шкиве A .

Если до приложения момента M_A каждое из натяжений ведущей и ведомой стороны ремня было равно T_0 , то после приложения момента ведущая часть ремня

$$\text{оказывается под натяжением } T_1 = T_0 + \frac{P}{2},$$

$$\text{а ведомая под натяжением } T_2 = T_0 - \frac{P}{2}.$$

Сообразно этому начальное удлинение ведущей стороны ремня

$$f_0 = \frac{T_0 l}{EF}$$

увеличивается до

$$f_1 = \frac{\left(T_0 + \frac{P}{2}\right) l}{EF},$$

благодаря чему шкив проверяется на угол

$$\varphi_A = \frac{f_1 - f_0}{r_A} = \frac{T_0 l}{r_A EF} - \frac{\left(T_0 + \frac{P}{2}\right) l}{r_A EF} = -\frac{Pl}{2r_A EF}.$$

Подстановка φ_A в равенстве (II) дает

$$C = 2 \frac{r_A^2 EF}{i},$$

т. е. вдвое большую жесткость, чем по формуле (I).

Этот элементарный вывод приводится здесь полностью потому, что формула (I) как „очевидная“ встречается, повидимому, и в других расчетных пособиях, преследующих те же задачи, что и рецензируемая книга¹.

Второй раздел посвящен определению напряжений в деталях машин. Он представляет собой не что иное, как сжатое изложение курса сопротивления материалов, выходящее, однако, по охвату материала, далеко за пределы подобных вузовских курсов. Большая глава о концентрации напряжений в деталях машин пополнена результатами поляризационно-оптических измерений автора — проф. Н. И. Пригоровского.

Не лишней в этом разделе была бы краткая глава о теориях прочности, что связало бы теснее этот раздел книги с последующим.

Можно сделать упрек автору в том, что он злоупотребляет частными видами расчетных формул при наличии их общих видов. Таковы, например, формулы (164), (165), (166), вытекающие из (139), (139') и (139''), формула (177), вытекающая из (176) при $N = 0$ и формулы 2-й и 4-й строки табл. 19, полученные из общих формул при $E_1 = E$.

Ошибочно отнесены к поперечному сечению толстостенной трубы $\tau_{\max}$ вычис-

ляемые по формуле (179); фиг. 186 сохранила опечатку „электрическое“ отверстие, вместо „эллиптическое“. В § 8 главы VII, при рассмотрении валов со шпоночным пазом, не дается перехода от коэффициента концентрации при кручении (α_c) к коэффициенту концентрации при изгибе.

Точное решение задачи об изгибе кривого бруса (Головина) и сопоставление его с приближенным весьма интересно, но имеет теоретическое значение и вряд ли уместно в настоящей книге.

Третий, последний, раздел книги: „Расчет прочности деталей при динамических нагрузках“ имеет преимущественно прикладной характер. В книге он является основным, так как изложенная в нем методика расчета относится как к деталям, находящимся под нагрузкой, вызванной их колебательным состоянием, которую можно назвать динамической, так и к деталям вращающимся, но нагруженным статически. Здесь обнаруживается условность принятых терминов: „динамическая прочность“ и „динамическая нагрузка“, которую авторы связывают с наличием переменных напряжений. Статическая нагрузка постоянного направления на вращающемся валу вызывает напряжения по симметричному циклу, однако признать ее динамической нельзя.

В начале раздела (глава VIII), пользуясь схематизированными диаграммами Смита и коэффициентами, характеризующими влияние различных факторов на усталостную прочность деталей, автор излагает методику вычисления допускаемых напряжений и запасов прочности при линейном и сложном напряженных состояниях.

Большое количество экспериментальных данных и механических коэффициентов, собранных в главе IX, позволяет в последней, X главе, проделать ряд интересных примерных расчетов различных деталей (валы прямые, коленчатые, болты, пружины), осложненных надрезами и переходными сечениями.

В отношении последнего раздела приходится повторно высказать сожаление о том, что материал подан в нем как в справочнике, хотя с титульного листа и снято название „справочное пособие“ имевшееся в первом издании. Попадобилось бы всего несколько страниц, чтобы пояснить происхождение коэффициентов ψ_2 и ψ_3 (стр. 249), $ig\beta$ (стр. 247) и обосновать выражения, служащие для проверки запаса прочности (формулы 242—246).

Согласно предложенным формулам и примерам, расчет деталей машин является проверочным, т. е. сводится к определению запаса прочности при заданных размерах, конфигурации детали и действующих нагрузках. Эту особенность современного метода расчета следует признать ее недостатком. Более совершенным является проектный метод расчета, где по обоснованному запасу прочности устанавливаются размеры детали. В последнем случае не потребуются назначения размеров детали наперед и повторного пересчета их.

¹ См., например: И. А. Лурье, „Крутильные колебания в дизельных установках“, Госвоенмориздат, 1940, стр. 68.

В примерах, помещенных во втором разделе, нигде не учитывается коэффициент поверхностной чувствительности материала, зависящий от чистоты обработки поверхности. Этот коэффициент, входящий во все расчетные формулы главы VIII, остается без практического применения в главе X, при вычислении запаса прочности, на которую он должен оказать некоторое влияние.

Коэффициенты поверхностной чувствительности Δ , как и коэффициенты чувствительности к концентрации напряжений q , представлены в третьем разделе вообще очень ограниченно. Коэффициент q , например, приходится определять при необходимости сложным путем по коэффициенту чувствительности к концентрации Δ , при остром надрезе типа Лера-Лудвига (табл. 29), который в свою очередь зависит от теоретического коэффициента концентрации α_s , т. е.

$$K_s = \frac{1}{1 - \Delta_s} = 1 + q(\alpha_s - 1),$$

откуда

$$q = \frac{\Delta_s}{(1 - \Delta_s)(\alpha_s - 1)}.$$

Если в последующем издании рецензируемой книги будут предприняты дальнейшие шаги к превращению ее из справочника в самостоятельную монографию, дополненную выводами и обоснованиями, при более тесной увязке трех ее разделов, то несомненно она вызовет еще больший интерес среди учащихся и практиков, стремящихся к усовершенствованию расчета деталей машин.

Д-р техн. наук, проф. Е. М. ГУТЬЯР

* * *

Н. С. АЧЕРКАН, д-р техн. наук, проф. Статистические методы контроля промышленной продукции, Машгиз, 1946, 137 стр., т. 6000, ц. 6 руб.

Статистические методы контроля качества получили более или менее широкое практическое применение в США и Англии в годы войны, хотя теоретические основы этих методов были разработаны значительно раньше. Внедрению этих методов содействовали военные техники. Они правильно оценили те преимущества, для гарантии качества продукции, которые дает постоянное наблюдение за стабильностью производственных процессов в сравнении с традиционным контролем готовой продукции, осуществляемым большой армией военных приемщиков. По предложению военных организаций в США в 1941—1943 гг. были разработаны и изданы стандарты, способствовавшие практическому внедрению статистического контроля качества. Эти методы несомненно

найдут широкое распространение. Поэтому надо приветствовать инициативу Комитета мер и измерительных приборов, который поручил проф. Н. С. Ачеркану составить обзор иностранных материалов по этому вопросу.

В небольшой книге (8,5 л.) проф. Н. С. Ачеркан дал совершенно ясное представление о сути метода, его целях и возможностях, о стандартизованной за границей технике пользования им, об областях применения различных вариантов этой техники, об основных предпосылках, определяющих целесообразность полной или частичной перестройки контроля на новые методы.

Автор поступил правильно, включив в книгу основные сведения по теории вероятностей и математической статистике. Они необходимы для понимания метода в целом и поясняют построение ряда вспомогательных таблиц и инструкций по регистрации и обработке данных контроля. Американские стандарты уделяют острое внимание технике применения метода. Наш заводский практик не станет пользоваться готовой формулой или таблицей, не уяснив логичности и обоснованности предлагаемого материала. Обращение же к капитальным работам по теоретическим вопросам, связанным с техникой пользования статистическими методами, не всегда возможно для техника-практика.

В книге изложена система контроля готовой продукции, разработанная и практически используемая фирмой Белл. Хотя этот вопрос является только родственным основной теме, ее включение в книгу вполне себя оправдывает. Эта система представляет любопытный пример того, как законы математической статистики могут быть использованы для отыскания оптимального соотношения между степенью уверенности в доброкачественности больших партий изделий и объемом работы по контролю репрезентативных выборок и изредка целых партий.

Нет сомнения, что работа проф. Н. С. Ачеркана привлечет к статистическому контролю внимание широких кругов инженеров и техников и поможет скорейшему его использованию.

Инж. М. М. НЕСТЕРОВСКИЙ

От редакции. Работы по статистическому контролю в настоящий момент ведутся на ряде советских заводов, а также некоторыми кафедрами и научно-исследовательскими институтами. Наступило время популяризовать наш передовой отечественный опыт в данной области. Редакция охотно предоставит место освещению работ советских авторов и полагает, что Машгиз в скором времени должен опубликовать книгу (монографию либо сборник), посвященную научным основам и практическим методам статистического контроля в машиностроении.

Новые издания Машгиза

Баранов В. М., канд. техн. наук, Рациональное использование токарно-винторезного станка в серийно-массовом производстве, Свердловск, Машгиз, 1947, 128 стр. с черт., т. 6000, ц. 9 р. 50 к.

В книге освещены основные вопросы рационального использования токарно-винторезного станка в условиях серийно-массового производства. Анализируются формулы штучного времени. Описываются оснастка токарных станков высокопроизводительными приспособлениями и автоматизация станков. Методы подбора оснастки даны на основании классификации токарных работ.

Книга предназначена для заводских инженерно-технических работников.

Гостев В. И., Автоматический контроль массовых автомобильных деталей, М., Машгиз, 1947, 106 стр. с черт., т. 3000, ц. 6 руб.

Излагаются практически проверенные методы автоматического контроля в автостроении с описанием ряда приборов и схем, применяемых на Московском автомобильном заводе им. Сталина (ЗИС).

Книга предназначена для широкого круга инженерно-технических работников заводов крупносерийного и массового машиностроения.

Зайцев А. К., д-р техн. наук, проф., Основы учения о трении, износе и смазке машин, ч. I, Трение в машинах, Теория расчет и конструкция подшипников и подпятников скольжения, Л., Машгиз, 1947, 256 стр. с черт., т. 5000, ц. 21 р. 50 к. в пер.

Труд представляет систематическое изложение основ учения о трении, износе и смазке машин и помещен к изданию в четырех частях (I — Трение в машинах, II — Износ материалов, III — Износ машин, IV — Смазка машин). В I части излагаются основы теории, расчета и конструирования подшипников и подпятников скольжения.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников машиностроительных заводов, может быть использована профессорско-преподавательским и аспирантским составом, а также студентами старших курсов машиностроительных вузов.

Иконников А. Н., Регенерация горелой формовочной земли, Свердловск, Машгиз, 1947, 71 стр. с черт., т. 5000, ц. 3 р. 50 к.

В книге описывается механическая обработка горелой земли: грохочение, мокрая классификация и промывка, воздушная классификация магнитная сепарация, избирательное измельчение, сушка и обезвреживание, а также рассматриваются типы классификаторов. Даны схемы технологических процессов.

Книга предназначена для инженерно-технических работников литейного производства.

Клушин М. И., Скоростное резание металлов, М., Машгиз, 1947, 144 стр. с черт., т. 6000, ц. 6 р. 50 к.

В книге излагаются теоретические основы скоростного резания металлов, данные о конструкции и геометрии инструментов для скоростного резания, о режимах резания и расходе мощности при скоростном резании, а также указаны условия его успешного осуществления.

Книга предназначена для инженеров и technicians машиностроительных заводов, работников научно-исследовательских институтов, преподавателей и студентов вузов.

Корнилов К. А., Производство зубчатых колес (мелкосерийное и единичное производство цилиндрических, конических, червячных, прямозубых и косозубых колес), М., Машгиз, 1947, 244 стр. с черт., т. 5000, ц. 12 руб. в пер.

Книга содержит руководящие материалы по вопросам изготовления зубчатых передач самых разнообразных типов в условиях единичного (ремонт) и мелкосерийного производства. Производство зубчатых колес освещено всесторонне: охвачены вопросы настройки и наладки станков, проектирования и изготовления приспособлений, режущих и мерительных инструментов.

Книга предназначена для работников ремонтного дела и может быть полезна лицам, занимающимся усовершенствованием зуборезного производства.

Костецкий Б. И., канд. техн. наук и Куруклис Г. Л., Глубокая нитроцементация режущих инструментов, Свердловск, Машгиз, 1947, 28 стр. с черт., т. 6000, ц. 1 р. 60 к.

В брошюре излагается разработанный на Уралмашзаводе метод глубокой нитроцементации, увеличивающий стойкость режущего инструмента. Описываются катализаторы, электрохимическое обезжиривание поверхности деталей перед нитроцементацией.

Брошюра предназначена для инженеров термистов и инструментальщиков.

Кузнечное производство (ВНИТОМАШ. Уральское отделение — центр. лаборатория Уралмашзавода), Свердловск, Машгиз, 1947, 24 стр. с черт., т. 3000, ц. 1 р. 50 к.

Книга является сборником статей, посвященным описанию работ центральной лаборатории Уралмашзавода по ковке крупных роторных бандажей из немагнитной стали, нагреву крупных слитков под ковку, по исследованию влияния улова на механические свойства хромоникельмолибденовой стали, по применению изотермического отжига.

Книга предназначена для инженерно-технических работников и мастеров кузнечных цехов машиностроительных заводов.

Парин М. Н., лауреат Сталинской премии, д-р техн. наук, Основы фрезерования, М., Машгиз, 1947, 302 стр. с черт., т. 5000, ц. 15 р. 50 к. в пер.

Книга представляет собой обобщение экспериментальных и расчетно-теоретических работ, проведенных в области конструирования и эксплуатации фрез разных типов при обработке плоскостей, фасонных поверхностей, пазов и при разрезке металлов.

Книга предназначена для работников заводских лабораторий, для цеховых технологов и конструкторов режущего инструмента, для научных работников и аспирантов, а также как учебное пособие для студентов вузов.

Попилов Л. Я., Электрополировка металлов, Машгиз, 1947, 124 стр. с черт., т. 3000, ц. 7 руб.

Освещены основные вопросы электрополировки — одного из новейших методов электрической обработки металлов. Основное назначение книги — служить практическим пособием при электрополировке и ознакомить с особенностями этого метода.

Книга рассчитана на широкие круги производственников ИТР, соприкасающихся с обработкой металлов, на работников заводских лабораторий и научно-исследовательских институтов, занятых вопросами электрохимии и металловедения.

Резников Н. И., д-р техн. наук, проф., Учение о резании металлов, допущ. ВКВШ при Совете Министров СССР в качестве учебника для машиностроительных вузов, М., Машгиз, 1947, 387 стр. с черт., т. 15 000, ц. 24 руб. в пер.

В учебнике, помимо материалов, разработанных самим автором, обобщены многочисленные работы советских научно-исследовательских институтов по вопросам резания металлов и использованы данные иностранной литературы.

Учебник предназначен для студентов и аспирантов, специализирующихся в области холодной обработки металлов; может быть также полезен научным сотрудникам ис-

следовательских лабораторий, занятым разработкой наиболее рациональных методов резания металлов.

Скоморохов С. А., канд. техн. наук и Фейгельсон Б. Ю., Формовочные материалы и смеси (чугунное, стальное и цветное литье). Пособие для работников литейных цехов, под ред. М. А. Смелова, М., Машгиз, 1947, 87 стр. с черт., т. 2000, ц. 4 руб.

В пособии даны сведения о литейной форме и свойствах формовочных и стержневых смесей, изложена методика испытания физико-механических свойств формовочных материалов и смесей, приведена характеристика сырьевых материалов, добавок и отработанных земель, подробно описан процесс приготовления смесей с приложением рецептов по всем видам литья, рассмотрены основные виды брака и причины его по вине формовочных материалов и смесей.

Брошюра может служить пособием также при подготовке кадров литейщиков.

Смирнов М. В., Допуски и посадки в карбюраторных автомобильных двигателях, М., Машгиз, 1947, 56 стр. с черт., т. 10 000, ц. 3 руб.

Книга знакомит с допусками и посадками деталей и узлов современных автомобильных карбюраторных двигателей. Предназначена для инженерно-технических работников автостроения, а также для преподавателей и студентов вузов.

Чернобаев Н. Е., Литье в кокиль алюминиевых, магниевых и медных сплавов, Свердловск, Машгиз, 1947, 139 стр., с черт., т. 4000, ц. 6 руб.

В книге излагаются сведения по конструированию, изготовлению и освоению кокилей; описывается технология приготовления и заливки сплавов; приведены причины брака и указаны способы его устранения.

Книга предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных заводов и студентов техникумов и вузов.

Из прочитанного в советских технических журналах (1947 г.)

„Автогенное дело“ № 6

Статья С. Т. Назарова. «Контроль качества сварных соединений гамма-лучами радия» знакомит с сущностью названного способа контроля сварки. Источником гамма-лучей служит производимый в СССР радиоактивный препарат мезоторий. Просвещение гамма-лучами выявляет трещины, непровары, газовые поры и шлаковые включения; может применяться для кон-

троля сварки изделий из металла большой толщины.

В статье Н. Г. Остапенко, Ю. А. Стенбоген и Д. А. Дудко «Автоматическая приварка шпилек» описана аппаратура и технология автоматической приварки под флюсом стальных шпилек для крепления деталей на металлических поверхностях. Аппарат (пистолет) для приварки разработан Институтом электросварки им. акад. Е. О. Патона АН УССР.

В статье Я. А. Завьялов «Автоматическая сварка стали хромансиль под слоем флюса» дано описание работ лаборатории № 5 НИИ Оргвипром по изысканию типа флюса, электродной проволоки, определения оптимальных режимов сварки и т. п. для сварки стали хромансиль марки 30ХГСА. Опыты производились на установке типа трактора УТ-1200 конструкции ЦНИИТМАШ.

• С. Г. Гузов в статье «Срезка заклепок кислородной струей» дает описание резака модели РСЗ-47 (конструкция, модернизированная ВНИИАвтогеном). Струя кислорода в этом резаке выходит из мундштука почти параллельно поверхности; это позволяет получить непозрежденные кромки заклепочного отверстия.

Н. А. Шолотов в статье «Влияние конструктивных элементов на качество сварных изделий» рассматривает указанное влияние на нескольких примерах сварных конструкций.

„Автомобильная промышленность“ № 5

Л. А. Бейлин и Г. П. Лавров в статье «Технология хромирования поршневых колец для авиационных моторов» дают описание технологии пористого хромирования колец. Последнее, в сравнении с плотным хромированием, имеет значительные преимущества по уменьшению износа.

№ 6

В статье Б. Я. Гинзбурга «Поршневые кольца с экспандерами» рассмотрены конструкции колец с экспандерами (расширительными пружинами), а также указано влияние их на износ цилиндра и расход масла. Исследование работы таких колец показывает положительные качества и целесообразность внедрения их в практику.

Статья А. Н. Маликова «Чеканка автомобильных деталей» содержит анализ способов чеканки, применяемых в кузнечно-прессовых цехах взамен механической обработки поковок. Рассмотрены: 1) чеканка параллельных плоскостей поковки плоскими бойками, 2) объемная чеканка, 3) чеканка базовых поверхностей, 4) чеканка украшений. Рассмотрены также факторы, влияющие на точность размеров поковок при чеканке (жесткость конструкции пресса, величина обжатия и др.).

„Вестник инженеров и техников“ № 3

Номер журнала в значительной части посвящен вопросам литейного производства. Напечатаны статьи: «Формовочные глины» (И. Б. Куманин), «Выбор связующих материалов для стержневых смесей» (И. Б. Куманин и А. М. Лясо), «О стандарте на литейный кокс» (Л. М. Мариненбах), «Испытание авторегулятора уплотнения для встряхивающих формовочных машин» (П. Н. Аксенов), «Опыт реконструкции вагранки» (Е. А. Клаустинг), «Но-

вое в проектировании литейных цехов» (сбор) (С. А. Шамиргон).

В статье Л. А. Шофмана «Измерение скорости рабочих органов кузнечных машин» дано описание механического датчика, сконструированного и построенного ЦНИИТМАШ для измерения скорости бабы молота в момент удара.

„Вестник электропромышленности“ № 4

Статья А. С. Займовского, А. Ш. Казарновского и И. И. Кифера «Прессованные магниты» дает описание технологии изготовления прессованных магнитов из твердых сплавов, обладающих высокой коэрцитивной силой и большой удельной магнитной энергией.

В статье А. И. Щукина и А. А. Фельдбаума «Аппарат для точного контроля размеров индуктивным методом» описывается аппарат, разработанный Всесоюзным электротехническим институтом совместно с заводом «Калибр». Индуктивный аппарат марки ИР-3 относится к группе приборов для относительных измерений (индикаторы, миниметры, оптиметры) с большой чувствительностью и точностью при ограниченном диапазоне измерения.

„Железнодорожный транспорт“ № 4

В отделе «Новое в технике железных дорог» в статье А. Асниса и Л. Гутмана «Наплавка бандажей» сообщены сведения об автоматической наплавке гребней изношенных бандажей под слоем флюса. Наплавка производилась двумя сварочными голозками, работающими независимо одна от другой. Питание голозок — от обычных трансформаторов СТЗ-23. Опыты показали устойчивость процесса наплавки и получение наплавленного слоя металла достаточной износоустойчивости и обрабатываемости. Производительность наплавки, по сравнению с ручной, повышает-ся в 8—10 раз.

„Заводская лаборатория“ № 2

В отделе «Обмен опытом и техника лабораторной работы» напечатаны следующие статьи.

М. Е. Блантер в статье «Установки для исследования быстротекущих процессов» дает описание установки, сконструированной и экспериментально опробованной в Московском Авиационном институте им. Орджоникидзе для исследования процессов при образовании аустенита (в области надкритических температур).

В статье Б. Л. Давыдова «Новая машина для механического испытания материалов» дано описание видоизмененного прессы Гагарина, сконструированного дочерним филиалом Гипроуглемаша. Пресс может быть изготовлен в условиях заводской механической мастерской.

№ 3

В статье Е. М. Савицкого «Выбор оптимальных условий горячей обработки давлением металлических сплавов» уста-

новлено, что основные указания на оптимальные условия горячей обработки давлением (ковка, прокатка, прессование) можно получить из трех диаграмм: состояния, рекристаллизации и пластичности. Предложенная методика рассмотрена на примерах установления режима горячей обработки давлением магнитовых сплавов МА-2 и МА-3.

А. В. Бобылев и А. И. Чипиненко в статье «Оценка пластичности сплавов при высоких температурах» приводят данные пластичности исследованных медных сплавов в зависимости от скорости растяжения образцов.

Ю. А. Геллер в статье «Методика определения красностойкости быстрорежущей стали» дает критическую оценку методам определения твердости быстрорежущей стали, применяемым различными исследователями. Автор предлагает характеризовать красностойкость по той максимальной температуре после четырехкратного нагрева (отпуска), для которой сталь сохраняет твердость не ниже 60 единиц по Роквеллу.

№ 4

В статье А. И. Чипиненко «Метод исследования металла прокаткой клиновидных образцов» дано описание и экспериментальная проверка метода, предложенного автором, на примере прокатки (обжатия) образцов латуни марки Л68.

„За экономию топлива“ № 1—2

С. А. Гинзбург и В. И. Зелицкий в статье «Использование отработавшего тепла кузнечных цехов» на основании опыта некоторых машиностроительных заводов и расчетных данных считают целесообразным комплексное использование отходящих газов печей и мятого пара от молотов для обогрева части котлов кузнечного цеха и для нагрева питательной воды. При этом использование тепла в кузнечном цехе может быть повышено на 30%.

В статье А. Ф. Лебедева «Из опыта перевода нагревательных печей с мазута на челябинские угли» приведены характеристики работы на челябинском угле двух печей: 1) камерной печи с нижней колосниковой топкой и рекуператором для подогрева вторичного воздуха и, 2) тигельной печи типа Кольман, отапливаемой индивидуальным газогенератором.

№ 3

В журнале отмечено 75-летие со дня рождения академика Г. М. Кржижановского, ближайшего помощника Ленина и Сталина в деле осуществления плана ГОЭЛРО, крупного ученого, выдающегося теоретика и практика социалистического хозяйства нашей Родины.

Проф. С. В. Глебов в статье «Теплоизоляционные огнеупоры» рассматривает: 1) вопросы применения теплоизоляционных огнеупоров для сокращения теплопотерь промышленных печей на аккумуляцию и

излучение; 2) положение с производством за границей и в СССР.

В статье П. С. Колобова «Использование отбросного тепла машиностроительных заводов» приведены некоторые данные из опыта проектирования теплового хозяйства заводов тяжелого машиностроения по методу, предложенному автором, использования тепла отходящих газов печей водогрейными утилизаторами с обводным борозом.

№ 4

Ф. И. Шкляев в статье «Опыт рационального сжигания генераторного газа в беспламенных горелках» знакомит с практикой 12-летней работы Ижевского металлургического завода беспламенного сжигания газа инжекционными горелками.

№ 5

В статье П. Б. Воронцова «О работе литейных сушил» на ряде примеров сушил показана возможность упорядочить их работу простыми мероприятиями с переводом на отопление бурым углем вместо кокса.

„Известия Академии Наук СССР. Отделение технических наук“ № 3

Статья акад. Б. Н. Юрьева. «Жизнь и деятельность Н. Е. Жуковского» (1847—1921) посвящена работам Н. Е. Жуковского в связи со 100-летием со дня его рождения. Перечислены научные и изобретательские работы по воздухоплаванию учеников Н. Е. Жуковского и созданных им учреждений в послеоктябрьский период.

В статье акад. А. А. Бочвара и О. С. Жадаевой «К вопросу об изменении микротвердости металлов в зависимости от глубины проникновения индентора и состояния поверхностного слоя» описаны результаты испытания микротвердости отдельных металлов: алюминия, меди, цинка, олова, кадмия и латуни.

Статья акад. А. А. Бочвара и З. А. Свицкерской «О разрушении отливок под действием усадочных напряжений в период кристаллизации в зависимости от состава сплава» содержит результаты исследования сплавов алюминия с кремнием и алюминия с медью. Установлен характер зависимости между составом сплавов и их сопротивляемостью усадочным напряжениям в период кристаллизации.

„Котлотурбостроение“ № 2

В. И. Смирнов в статье «Экономия олова в чугунолитейных цехах турбинных заводов» на основании теоретических предположений и проведенного исследования, считает возможным олово для покрытия деталей, заливаемых в чугун, заменить цинком и алюминием с нанесением их на детали электролитическим способом или в виде окрашивания алюминиевой или цинковой красками.

„Промышленная энергетика“ № 2

Г. В. Ключин в статье «Централизованное питание индукционных закалочных установок высокой частоты» дает описание такой установки, осуществленной на Уральском Кировском заводе. Приведена схема установки, оказавшаяся вполне надежной в условиях массового производства.

В статье А. Я. Лернера и А. Н. Макарова «Новый дифференциальный манометр» дано описание дифманометра СД-М-2, выпускаемого Центральной лабораторией автосварки МЧМ по компенсационной схеме инж. А. Н. Макарова со шкалой от 3 до 5 мм вод. ст. для регистрации давления в рабочем пространстве мартеновских печей.

А. Ф. Тагген в статье «Увеличение срока работы дымососов» описывает предложенный им способ защиты лопаток ротора дымососа жидким стеклом, оправдавшим себя на практике в котельной одной из электростанций Министерства коммунального хозяйства.

№ 3

В заметке А. Д. «Паяльная паста Мосэнерго» приведен состав пасты и ее испытание. Паста рекомендуется для массового применения в практике.

№ 4

В отделе «Из опыта работы энергетиков промышленности» напечатаны следующие статьи.

П. М. Миронов «Переход на слиток улучшенной конфигурации на заводе «Серп и Молот». Для стана 700 установлены развес и размеры диаметров и высоты слитка; одновременно произведена реконструкция стана на 750, давшие увеличение производительности.

Б. К. Глембоцкий и Е. С. Железнов «Рационализация электрических печей сопротивления». Сообщены результаты испытания печей по экономии электроэнергии вследствие замены нагревательных элементов, перевода на повышенное напряжение (с 127 на 220 и 380 в) и других мероприятий.

Ю. Е. Ефроймович «Исполнительные механизмы ИМ-2/3 и ИМ-25/120 для системы автоматического регулирования и дистанционного управления». Приведено описание указанных механизмов для управления дроссельными клапанами, кранами и другими исполнительными органами.

Г. И. Гуревич и В. В. Михеев «Индукционный нагрев при монтаже и эксплуатации электрооборудования». Приведено несколько примеров индукционного нагрева: печь для разогрева кабельной массы, сушка деревянных перегородок и баков масляных выключателей, сушка трансформаторного масла.

№ 5

В статье И. Я. Варшавского «Рационализаторские работы по паровым молотам» сообщены результаты испытаний и

реvizий теплоэнергетической части штамповочных молотов фирм Эймуко, Ири и Массей 1,5; 2 и 2,5 т, произведенных на одном заводе. Выполненные переделки парораспределения и другие исправления недостатков улучшили работу молотов.

„Сталь“ № 4

В статье С. С. Некрытого «Влияние меди на физико-механические свойства чугунов элтивок» рассмотрено использование чугуна и стального медесодержащего лома (до 0,5% Cu) для качественных отливок серого чугуна и изделий ковкого чугуна.

А. Е. Евдокименко в статье «Рекуперативные нагревательные колодцы, отопляемые из центра подины» дает описание и характеристику работы этого типа колодцев, нашедших широкое применение на заводах Америки и Англии и сооружаемых в СССР на заводе «Азовсталь» и ряде других заводов.

„Станки и инструмент“ № 6

Г. Б. Глик в статье «Проектирование фундаментов под станки» на основании многолетнего исследования колебаний фундаментов станков дает расчет фундаментов с учетом уравновешенности станков, характера и формы колебаний (толчки, периодичность, резонанс и т. п.).

„Строительная промышленность“ № 4

В статье А. М. Гефнера «Автоматическая сварка стальных конструкций» дано описание установок для сварки под слоем флюса по методу акад. Е. О. Патона, применяемых на заводах Главстальконструкции: 1) для сварки балок и колонн и 2) для сварки труб, газгольдеров и тому подобных конструкций.

„Судостроение“ № 2

Статья В. А. Виноградова и Н. Н. Соколова «Пути усовершенствования технологии производства судовых цепей» дает критическую оценку современным способам производства средних и крупных калибров судовых цепей и рекомендует наиболее рациональные из них для внедрения в промышленность. Рассмотрены: 1) штамповка цепей; 2) электросварка стык полуцев цепей средних и крупных размеров; 3) изготовление цепей отливкой.

„Техника железных дорог“ № 5

В. А. Кельдюшев в статье «Исследование износа деталей, обработанных методом накатки» приводит результаты опытной работы по изучению износа цапф подвижного состава железнодорожного транспорта, обработанных накаткой. Опыты показали, что накатка дает упрочненные зеркально-гладкие поверхности, обладающие большей износостойкостью, чем обточенные и шлифованные поверхности.

Я. С. Голицын

Обзор иностранных журналов¹

КОНСТРУИРОВАНИЕ

Общие вопросы конструирования

Hunsicker H. I., Aluminum alloy bearings, „Machine Design“, 1947, I, vol. 19, № 1.

Механические и физические свойства основных алюминиевых сплавов для подшипников различного назначения. Положительное влияние добавки олова (3—10%) и последующей термообработки на качество подшипников. Результаты испытания сплавов на сопротивление истиранию.

Cox A. B., Unsymmetrical sections, „Machine Design“, 1947, II, vol. 19, № 2.

Изложение упрощенного метода расчета несимметричных сечений и определения центров тяжести и моментов инерции относительно любой оси.

Waring Brown R., Multi-disc friction clutches, „Power Transmission“, 1947, I, vol. 16, № 10.

Многодисковые фрикционные муфты. Обзор современных конструкций муфт для силовых установок большой мощности и тяжелых условий работы при большом диапазоне чисел оборотов.

Delmonte J., What's new in plastics? „Machine Design“, 1947, II, vol. 19, № 2.

Обзор последних усовершенствований в производстве и применении пластмасс. Основные области применения с указанием типов пластмасс и их конструктивных преимуществ.

Двигатели внутреннего сгорания

Holby J. C., Aircooled diesel, „SAE Journal“, 1947, I, vol. 55, № 1.

Дизель с воздушным охлаждением. Описание конструкции двухцилиндрового дизеля мощностью 12 л. с. при 800 об/мин.

Waukesha-Hesselman low compression engines, „Gas and Oil Power“, 1947, III, vol. 42, № 48.

Двигатели Вокеша-Гессельман с низким давлением сжатия. Описание двигателя новой модели для привода экскаваторов и буровых машин.

Geschell J., Building high output diesel engines, „Automotive and Aviation Industries“, 1946, I/XII vol. 9, № 11.

Мощные дизели фирмы Джeneral Моторс до 200 л. с. Описание новейших методов производства и широкого использования стандартизованных деталей и узлов при конструировании новых двигателей.

1000 HP, 45 Mph truck dynamometer, „Automotive and Aviation Industries“, 1946, 15/XI, vol. 9, № 10.

Тягач-динамометр с двумя моторами по 500 л. с. для и пытания тягового усилия тяжелых колесных и гусеничных ма-

шин на различных грунтах. Описание устройства и техническая характеристика.

Buda offers new diesel line of truck, marine and industrial engines with range of 15 to 300 HP, „Automotive and Aviation Industries“, 1946, I/XI, vol. 9, № 9.

Новая серия дизелей фирмы Буда мощностью от 15 до 300 л. с. для грузовых автомобилей, судовых и стационарных установок. Конструирование серии двигателей на основе стандартизации основных деталей и узлов.

Gilmer L. A., Low horsepower diesel, „SAE Journal“, 1947, I, vol. 55, № 1.

Дизели малой мощности. Анализ условий эффективного использования дизелей мощностью 20—40 л. с. на тракторах.

Taub A., Looking forward to future automobile engines, „Automotive and Aviation Industries“, 1946, I/XI, vol. 9, № 9; 15/XI, № 10; 1/XII, № 11.

Автомобильные двигатели будущего. Пути и методы дальнейшего усовершенствования автомобильных двигателей к в част конструкции основных деталей, так и в отношении топливной системы и зажигания.

Газовые турбины

Meyer A., Marine gas turbine, „Engineer“, 1947, 7/II, vol. 182, № 4752.

Судовая газовая турбина. Описание и характеристика 5 вариантов предложенной автором схемы судовой турбины. Описание системы пуска.

Smith J. W., Gas turbines of the future, „Automotive and Aviation Industries“, 1946, I/XI, vol. 9, № 9.

Газовые турбины будущего. Сравнение и анализ турбин высокого и низкого давления. Теоретическое исследование зависимости температуры и давления для газовых турбин.

A. B. T. H. gas turbine development?, „Shipbuilding and Shipping Record“, 1947, 23/I, vol. 69, № 4; „Steam Engineer“, 1947, III, vol. 16, № 186.

Развитие газовой турбины фирмы Томсон Хаустон. Описание проекта конструкции судовой газовой турбины мощностью 1200 л. с. открытого цикла.

Keller C., The Escher Wyss-AK closed cycle turbine its actual development and future prospects, „Transactions ASME“, 1946, XI, vol. 68, № 8.

Подробное описание конструкции и принципа работы турбины замкнутого цикла Эшер ВИСС. Мощные турбины для судовых установок, работающие на угольной пыли.

Подъемно-транспортные и дорожные машины

Machiae Digs and Trims canals in one pass, „Construction Methods“, 1946, IV, vol. 28, № 4.

Описание конструкции канавокопателя на гусеничном ходу для обработки канав

¹ По материалам Центр. научно-техн. библи. Мин. тяжелого машиностроения, Научно-техн. Сиб. Мин. транспортного машиностроения и ВНИИПТМАШ.

и кюветов шириной от 1,5 до 4,5 м. Конструкция рабочего органа (барабана) и его режущих элементов.

Armor plate steels used in huge coal stripping dipper, „Steel“, 1946, vol. 119, № 21.

Применение малолегированных высокопрочных сталей в экскаваторостроении. Уменьшение веса тяжелых деталей и увеличение емкости ковшей за счет применения этих сталей.

L. M. S., Steam breakdown crane, „Mech. Handling“, 1946, XI, vol. 33, № 11.

Конструкция парового аварийного крана грузоподъемностью 30 т с автоматическим включением и выключением стрелы. Техническая характеристика крана.

Safe operation of freight elevators, „Mill and Factory“, 1946, VIII, vol. 39, № 2.

Причины аварий на грузоподъемных машинах и меры их предупреждения.

Industrial truck handles 30-ton load, „Iron Age“, 1946, XII, vol. 158, № 23.

Описание конструкции электрокар с подъемными устройствами для транспортировки листового металла в пакетах. Техническая характеристика электрокар двух моделей.

Chip conveyer uses synthetic rubber disks, „Iron Age“, 1946, IV, vol. 157, № 16.

Система конвейеров в механическом цехе для транспортировки стружки. Описание устройства конвейеров и схемы конвейеризации.

Металлорежущие станки

Electronic controls, „Automobile Engineer“, 1947, II, vol. 37, № 485.

Механизмы и электрические схемы для электронного управления прецизионными круглошлифовальными, внутришлифовальными и другими станками. Описание станков фирмы Черчилль с электронным управлением.

Squibb G., Design of large broaching machine, „Machine Design“, 1947, II, vol. 19, № 2.

Тяжелый протяжной станок фирмы Цинциннати с гидравлическим приводом для обработки блоков цилиндров. Описание конструкции станка.

Edwards E. P., Broaching, „Automobile Engineer“, 1947, I, v. 1, № 37, № 484.

Конструкции протяжек, установочных приспособлений и протяжных станков для обработки головок и блоков цилиндров. Выбор протяжных станков.

34th Annual review of metal working equipment, parts and materials, „American Machinist“, 1947, 16/1, vol. 91, № 2.

Ежегодный обзор новых конструкций металлорежущих станков и достижений станкостроения.

ТЕХНОЛОГИЯ

Литейное производство

London E., Hot blast cupola design, „Iron Age“, 1946, 29/VIII, vol. 15, № 9.

Вагранки с горячим дутьем. Обзор конструкций европейских и американских вагранок. Премущества вагранки, разработанной автором.

Geist R. R., Hambley W. A., A practical method of selecting the correct type of cast iron, „Iron Age“, 1946, 17/X, vol. 158, № 16; 24/X, № 17; 31/X, № 18.

Практический метод выбора марки чугуна. Практические указания по выбору марки чугуна соответственно назначению литья.

Briggs C. W., Centrifugal casting of Steel in wartime Germany, „Foundry“, 1946, X, vol. 74, № 10; „Steel“, 1946, 21/X, vol. 119, № 17.

Центробежная отливка стали. Описание усовершенствований, внесенных за время войны в Германии в процессы центробежной отливки.

Diver P., Producing cast iron rolls, „Foundry“, 1946, VIII, vol. 74, № 8.

Производство чугунных прокатных валков. Описание технологии производства при различных методах отливки.

Kiwowsky E., Some problems in cast iron, „Iron Age“, 1947, 9/I, vol. 159, № 2.

Некоторые проблемы производства чугуна. Результаты исследований работы вагранок с горячим дутьем и специальных плавильных агрегатов. Исследования в области прокатки чугуна и его теплостойких свойств.

Ковка и штамповка

Harris C. S., Extrusion of magnesium, „Machinery“, N. Y., 1947, III, vol. 53, № 7.

Изготовление деталей из магниевых сплавов методом экструдирования. Технология и режимы обработки по данным американской практики.

The manufacture of seamless tubes and pressure vessels, „Engineering and Boiler house Review“, 1947, № 1.

Производство бесшовных труб и сосудов, работающих под давлением. Техникаковки крупных котельных барабанов. Описание 6000 т пресса.

34th Annual review of metalworking equipment, parts and materials, „American Machinist“, 1947, 16/1, vol. 91, № 2.

Ежегодный обзор новых конструкций кузнечно-прессовых машин. Краткое описание и характеристика оборудования.

Ashburn A., How to work magnesium alloys, „Machinist“, London, 1947, 22/III, vol. 90, № 2.

Как обрабатывать ковкой и штамповкой магниевые сплавы. Марки магниевых сплавов и режимы их штамповки.

Сварка

Heavy-duty arc welding, „Welding“, 1946, VI, № 6.

Примеры применения дуговой сварки для изготовления деталей мощных экскаваторов. Режимы процесса сварки и сборки различных узлов одноковшового экскаватора.

Scharf P. B., Roll bending and flash welding stainless steel turbosupercharger rings, „Iron Age“, 1947, 23/I, vol. 159, № 4.

Гибка и сварка оплавлением колец из нержавеющей стали для турбоагрегатов. Описание метода и его преимуществ в от-

ношении точности обработки, экономии материала и снижения себестоимости.

34 th Annual review, metalworking equipment, parts and materials, „American Machinist“, 1947, 16/1, vol. 91, № 2.

Обзор новых конструкций сварочной аппаратуры и приспособлений. Достижения в производстве сварочной аппаратуры за последние годы.

Air-powered, water-cooled resistance welding press, „Machine Design“, 1947, II, vol. 19, № 2.

Сварочный пневматический пресс с водяным охлаждением. Описание конструкции с приложением схемы пресса.

Cunningham J. A., How to select wear resisting alloy for welding, „Machine Design“, 1947, I, vol. 19, № 1.

Как выбрать правильно электрод для сварки. Таблицы для выбора электродов в соответствии с условиями сварки.

Ashburn A., How to work magnesium alloys, „Machinist“, London, 1947, 22/III, vol. 90, № 48.

Газовая и электродуговая сварка магнe-вых сплавов. Выбор электродов и определение режима при различных методах сварки.

Термическая обработка

Jenkins J., Gas carburizing „Automobile Engineer“, 1947, I, vol. 37, № 484; II, № 485.

Газовая цементация. Результаты исследований по изучению свойств различных газов, применяемых для цементации стали в промышленном масштабе.

Brown R. J., High frequency induction treatment and its application to ferrous metals, „Sheet Metals Industries“, 1947, III, vol. 24, № 239; IV, № 240.

Высокочастотная индукционная обработка и ее применение к черным металлам. Принцип индукционного нагрева и его экономичность. Конструктивные формы индукторов.

Составил А. М. Каратыгин



ПОПРАВКИ

В статью А. Д. Коваленко „Изгиб дисков прямолинейного профиля“, напечатанную в № 3 ж. „Вестник машиностроения“ за 1947 г., вносятся следующие поправки:

Стр.	Строка	Напечатано:	Должно быть:
3	2 и 3 сверху	Такое уравнение, подобное выражению (8),	Однородное уравнение, соответствующее (8),
3	13 сверху	$(1 - t)^5$.	$(1 - t)^{-5}$.
3	18 снизу	частным случаем	частным решением
6	14 снизу	четырёхзначных	четырёх значащих
10	14 сверху	четырёхзначных	четырёх значащих

Кроме того добавляется литература:

1. Timoschenko S., Theory of Plates and Shells. Mc Graw-Hill Book Co, Inc. N. Y. and London, 1940.

2. Голубев В. В. Лекции по аналитической теории дифференциальных уравнений, Гостехиздат, 1941.

Адрес редакции: Москва 12, ул. Куйбышева 4, пом. 12, тел. К 5-96-89

Техн. редактор С. М. Попова

Сдано в произв. 11/VII 1947 г.

5 печ. л.

8 уч.-изд. л.

Печ. зн. в 1 п. л. 60 000

Абб. 6672.

Тираж 4000 экз.

Подп. к печ. 21/VIII 1947 г.

Зак. 436

Ф. 70×108/16.

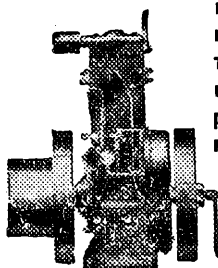
Цена 8 руб.

13-я тип. треста „Полиграфкнига“ ОГИЗа при Совете Министров СССР. Москва, Денисовский, 30.

Цена 8 руб.

МОРСКИЕ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ТРАКТОРНЫЕ ДИЗЕЛЯ

Ailsa Craig

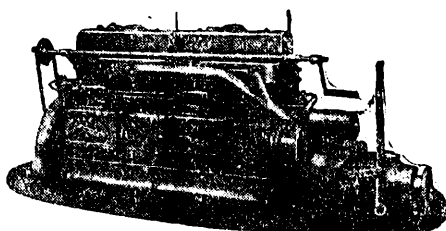


Промышленный двигатель Двигатель Эйла Крейг Рикардо

AILSA CRAIG LTD.

46, Strand-on-the Green
Chiswick, London, W.4, Англия

Телефон: Ailsator, London



Морской двигатель Двигатель Эйла Крейг Рикардо

ИНКАНДЕСЦЕНТ Группа

наибольшая европейская фабрика
промышленного оборудования для нагрева теплотой

Термическая обработка является неотделимой частью в производстве и в текущем ремонте железнодорожных локомотивов и вагонов, равно товарных, как и пассажирских. Служащие для этой цели установки, построенные фабрикой группы „Incandescent“ всемирно известны из-за их высокой производительности и продолжительного срока службы. Мы поставляем горны для всех ступеней продукции, для которых требуется тепловая энергия, включая нагревание листов, нагревание угольников и полос, нагревание сортового железа, нагревание заклепок, паковку и расклейку шатунов, а также для цементации, закалки инструментов отжига чугуна и сушения сердечников. Горны могут отапливаться нефтью, коксом или же электричеством.

Анг. О-во „ИНКАНДЕСЦЕНТ ТЕПЛОТА“
Сметвин, Стаффс., Англия

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли.