

ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРОВ и ТЕХНИКОВ

1 9  4 7

ИЗДАТЕЛЬСТВО ВЦСПС — ПРОФИЗДАТ
МОСКВА

В Е С Т Н И К И Н Ж Е Н Е Р О В и Т Е Х Н И К О В

« ENGINEERS AND TECHNICIANS BULLETIN »

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОРГАН ВСНТО

« BULLETIN DES INGENIEURS ET DES TECHNICIENS »

ОСНОВАН В 1915 г. ПОЛИТЕХНИЧЕСКИМ ОБЩЕСТВОМ в МОСКВЕ и ОБЩЕСТВОМ ТЕХНОЛОГОВ в ЛЕНИНГРАДЕ

№ 3 1947 г.

М а р т

Важнейшие задачи литейного производства

Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. предусматривает в первую очередь восстановление тяжелой промышленности. В частности, в области машиностроения намечается увеличение выпуска продукции в два раза по сравнению с довоенным.

Литейное производство имеет первостепенное значение в машиностроении — удельный вес литья составляет от 60 до 90%. Большинство наиболее ответственных деталей в современных машинах изготавливается методом литья (цилиндры и рамы паровозов, компрессоров, насосов, двигателей внутреннего сгорания; блоки цилиндров автомобилей, тракторов, станины металлорежущих станков, прокатных станов; корпуса и крышки электромоторов; кожуха и рамы паровых турбин и гидротурбин; станины и шатуны молотов, прессов и др.).

В новом пятилетии машиностроители должны не только увеличить выпуск литейной продукции, но и повысить ее качество, увеличить размерную точность. Современные требования к точности литья могут быть успешно выполнены литейными цехами при широком применении наиболее передовых методов производства, еще большей механизации, четкой организации труда. Для этого в литейных цехах необходимо внедрять машинные методы формовки и изготовления стержней, применять способы литья в кокиль, центробежного литья, прецизионного литья и литья под давлением.

Для получения черновых отливок высокой точности надо строго соблюдать в пределах ГОСТа припуски на обработку и допуски и перейти на механическую обработку литых деталей по базовым плоскостям без разметки, по методу, применяемому в авиационной и автотракторной промышленности.

Для перехода на эту технологию министерства должны будут организовать сильные конструкторские бюро по разработке технологических процессов и создать специальные бригады по внедрению новейших методов в производство.

Высокие прочностные и служебные требования, предъявляемые к литым деталям в машиностроении, могут быть выполнены при широком использовании модифицированного чугуна, легированных сталей и высококачественного ковкого чугуна. Для

этого в министерствах и на заводах следует организовать сильные металлургические отделы.

Для успешного выполнения закона о новом пятилетнем плане по машиностроению в области литейного производства необходимо:

а) максимально использовать существующие мощности литейных цехов, для чего: резко снизить брак, перейти на стахановские методы работы, внедрять малую механизацию, расширять узкие места, использовать рационализаторские предложения и перейти на поточные методы работы;

б) осуществить в намеченные сроки реконструкцию и строительство литейных цехов;

в) наладить в СССР выпуск всех видов литейного оборудования в таком количестве, которое обеспечило бы выполнение плана развития литейного производства в 1946—1950 гг.;

г) рекомендовать министерствам всех видов машиностроения организовать специальные литейные лаборатории при научно-исследовательских институтах и ведущих заводах, снабдив их всем необходимым оборудованием;

д) упорядочить и улучшить снабжение литейных цехов качественными кондиционными материалами (металл, топливо, формовочные материалы, ферросплавы, огнеупоры, инструмент и др.).

Выращенные за годы сталинских пятилеток кадры рабочих, инженеров и техников, работающие в промышленности, научных учреждениях и вузах, накопили большой опыт за время Отечественной войны и с энтузиазмом борются за выполнение грандиозных задач, стоящих сейчас перед страной. Имеются уже большие достижения в освоении ряда новейших методов производства. Из них, в первую очередь, надо отметить следующие:

1. В литейном цехе завода «Динамо» им. Кирова под руководством инж. Н. И. Мозгового и канд. техн. наук Л. И. Леви проведены работы по применению кислорода при плавке в конвертере и вагранке.

Сталь, полученная путем продувки чугуна чистым кислородом по методу инж. Мозгового, обладает высокими механическими качествами и вполне пригодна для ответственного фасонного литья. Газосодержание в такой стали значительно ниже, чем в стали, полученной любым другим способом.

При плавке на обогащенном воздухе производительность вагранки увеличивается в зависимости от концентрации кислорода.

При плавке с применением кислорода сильно сокращается количество отходящих газов и потери тепла с ними. Достигается более высокая температура перегрева чугуна, в результате чего эффективнее проходит процесс модифицирования и уменьшается брак по газовым раковинам.

Вагранка с применением кислорода может быть использована для переплавки стального скрапа с последующим конвертерным переплавом.

Значительную ценность этот метод имеет для чугунолитейных мастерских. Они могут при несложных приспособлениях производить нужные количества стали для фасонного литья, а также получать высококачественный чугун обработкой металла кислородом.

Главному управлению кислородной промышленности необходимо организовать выпуск специальной инструкции о технических деталях применения этого метода в литейных цехах, а министерствам черной металлургии и станкостроения предоставить заинтересованным заводам типовые чертежи установок и высокоогнеупорных фурм для питания металла кислородом.

2. Плавка в вагранке на основной футеровке, проведенная в 1946 г. проф. Л. М. Мариенбахом, а затем канд. техн. наук Л. И. Леви разрешает вопрос о процессе десульфурации и использования в вагранках кокса с высоким содержанием серы.

3. Работа, проводящаяся с 1944 г. по настоящее время в литейных цехах заводов «Динамо» им. Кирова и «Серп и молот» (Москва) под руководством проф. Л. И. Фанталова, при участии канд. техн. наук Л. И. Леви и инж. В. И. Тушкова, В. Т. Меланова, А. И. Зайцева, А. И. Белева и др., по применению прибылей, действующих под атмосферным давлением, имеет большой технико-экономический эффект (вес отливки уменьшается на 8—12%, жидкий металл экономится до 40—50%, сокращается площадь автогенной резки на 70—90%, электроэнергия экономится на 300—350 квтч/т годного). В настоящее время этот метод получает широкое применение в ряде фасонно-сталелитейных цехов СССР.

4. Весьма большие перспективы в машиностроении имеет метод точного литья путем выжигания моделей (прецизионное литье). В первую очередь он применяется для изготовления из специальных сплавов таких трудно поддающихся механической обработке деталей, как, например, лопатки газовых турбин, реактивных двигателей и т. д. Этот метод позволяет получать литые изделия, соответствующие 3—5-му классам точности и 2—3-му классам чистоты поверхности. Отливки могут быть использованы по назначению без механической обработки или только со шлифовкой.

Процесс литья по оригинальной технологии полностью разработан, осуществлен и принят рядом

заводов для массового производства. В первую очередь следует отметить работы в этой области министерств тяжелого машиностроения, авиационной промышленности и автомобильной промышленности.

Для дальнейшего внедрения данного метода необходимо обеспечить выпуск специального оборудования (печи, вибрационные установки, аппараты для изготовления восковых моделей и т. д.), а также производство и поставку в необходимых количествах специальных материалов (тетраэтилорта силикат, восковые композиции, маршалит и т. д.).

5. В связи с постановлением Совета Министров СССР от 7 сентября 1946 г. необходимо принять дальнейшие решительные меры к экономии масляных связующих добавок в литейном производстве. Здесь следует отметить большую и плодотворную работу Общества литейщиков, в результате которой уже сейчас можно рекомендовать ряд заменителей растительных масел (рематол, крепитель М, торфяные, древесные и сланцевые пеки, водорастворимые стержневые крепители, окисленные нефтепродукты и т. д.).

В дальнейшем необходимо продолжать и развивать эту работу, что позволит аккумулировать, обобщить и рекомендовать для широкого применения материалы, разрабатываемые на различных заводах и в научно-исследовательских институтах Советского Союза.

В системе Министерства химической промышленности надо организовать массовое производство полноценных безмасляных связующих добавок для полного удовлетворения потребностей литейных цехов.

6. Большое значение имеют работы по внедрению модифицированного чугуна, проведенные ЦНИИТМАШЕМ (инж. В. С. Мильман) на заводах Министерства тяжелого машиностроения, инж. А. М. Мусаелян на заводе «Красный молот» (Грозный) и рядом работников на других заводах.

Применение модифицированного чугуна позволит увеличить износоустойчивость деталей, облегчить вес и уменьшить габариты машин.

Однако важнейшим вопросом развития литейного производства является механизация. Для ее реализации необходимо образовать при одном из министерств специальное главное управление по литейному оборудованию с передачей ему необходимых заводов, специализированных на производстве машин литейного оборудования. При этом главном управлении надо организовать конструкторское бюро по разработке новейших конструкций машин для литейного производства, а также научно-исследовательскую базу для изучения оборудования и освоения новых конструкций.

Воодушевленные великим сталинским планом, работники литейных цехов, вузов и научно-исследовательских институтов обеспечат выполнение задач, стоящих перед литейным производством.

Формовочные глины

Инж. И. Б. Куманин

(Член Общества литейщиков)

Формовочные глины имеют значительное влияние на технологические свойства формовочных и стержневых смесей. Глина может увеличить прочность и пластичность этих смесей и отрицательно действовать на их газопроницаемость, текучесть, податливость, выбиваемость и долговечность. Она часто бывает причиной повышенной осыпаемости форм и стержней, а при наличии вредных примесей — причиной пригара на отливках.

В настоящей статье, на основе работ, проведенных автором в ЦНИЛ Союзформолитье, сделана попытка установить связь между технологическими свойствами глины и ее природными качествами. Рассмотрен минералогический состав глин, их дисперсность и электрохимическая активность.

Минералогический состав. Глинистые минералы

Формовочные глины представляют собой горную породу, состоящую, в основном, из тонкодисперсных частиц водных алюмосиликатов.

По минералогическому составу формовочные глины разделяются на три группы — каолиновую, гидрослюдистую и монтмориллонитовую (бентонит).

Глины каолиновой группы могут состоять из одного или нескольких следующих минералов.

Каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — белый или бледно окрашенный минерал, уд. веса 2,58—2,59, твердостью 2,5. Тонкодисперсные частицы каолинита легко набухают в воде, образуя пластическое тесто. При нагревании каолинит сначала теряет гигроскопическую воду (100°C), а затем и конституционную, превращаясь в метакеолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Необратимое выделение конституционной воды начинается при $350\text{—}400^\circ\text{C}$ и заканчивается при $500\text{—}550^\circ\text{C}$.

При дальнейшем нагреве метакеолинит распадается на свои составные части — глинозем Al_2O_3 и кремнезем SiO_2 . При $1000\text{—}1200^\circ\text{C}$ образуется муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, температура плавления которого 1700°C . Усадка при сушке и обжиге достигает значительных величин. Она различна для разных глин, так как помимо минералогического состава зависит от дисперсности и других факторов. Например, для Латинской каолиновой глины воздушная усадка колеблется от 7,9 до 9,4%, огневая находится в пределах 14,4—22,0%.

Дикит и **накрит** также отвечают химической формуле $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и отличаются от каолинита строением кристаллов. Поведение их при нагреве и физические свойства близки к каолиниту. В формовочных глинах встречаются редко.

Галлуазит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Уже при 50°C необратимо выделяет две молекулы воды, превращаясь в металлуазит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, отличающийся от каолинита строением кристаллической решетки. Дальнейшее поведение его при нагреве близко к каолиниту.

В соответствии со своими природными свойствами формовочные глины каолиновой группы отличаются следующими технологическими особенностями.

1. Сушка их может производиться лишь от 100 до $300\text{—}350^\circ\text{C}$, так как при дальнейшем повышении температуры они начинают необратимо терять воду.

2. Сушка форм должна вестись при тех же температурах. Формы, просушенные при температуре более 400°C , будут осыпаться при сборке.

3. Чистые каолиновые глины не склонны к образованию пригара.

4. Смесей, содержащие каолиновую глину, имеют ограниченную податливость и выбиваемость, так как потеря глиной ее прочности происходит лишь при $400\text{—}550^\circ\text{C}$ и выше.

5. Вся глина, нагретая до $500\text{—}550^\circ$, необратимо дегидратируется и должна быть заменена в формовочной смеси свежим материалом (при производстве средних стальных отливок формы прогреваются до указанных температур, примерно на глубину 60 мм, при литье чугуна на 30—40 мм).

6. Прочность, сообщаемая каолиновой глиной сырым формам и стержням, зависит от ее дисперсности и от электрохимических свойств ее кристаллов (см. ниже). При благоприятных обстоятельствах она может иметь значительную величину.

7. Прочность сухих форм и стержней при применении чистых каолиновых глин низка, так как благодаря большой усадке глинистый остов формы, связывающей зерна песка, при сушке разрушается. Этим же объясняется трещиноватость сухих форм, а также возможность обвалов, смылов и отслоений при заливке металлом.

Каолиновые глины идут, главным образом, для сырой формовки.

Лучшие каолиновые формовочные глины — Латинская, Белкинская, Кудиновская и др. Их не следует смешивать с чистыми каолинами, которые благодаря большой усадке почти неприменимы в формовочном деле.

Глины гидрослюдистой группы. К этой группе относятся промежуточные продукты разложения от слюды к каолиниту. Среди слюдисто-глинистых минералов в СССР наибольшее распространение имеет монотермит $0,2\text{RO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. При нагревании некоторое количество воды ($0,5 \text{ H}_2\text{O}$) выделяется уже при 100°C , а остальная вода ($1,5 \text{ H}_2\text{O}$) ведет себя так же, как в каолините. Для монотермита характерно присутствие значительного количества калия: отношение $\text{K}_2\text{O} : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1:11\text{—}1:12$. Отношение $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ колеблется от 2,5 до 3,0.

Воздушная и огневая усадка характерных монотермитных глин (Часов-Ярская) значительно ниже, чем у каолиновых (например Латинская). Для

воздушной усадки в среднем соответственно 5,5% и 8% для огневой, — цифры сильно колеблются, причем усадка Латинской глины превышает усадку Часов-Ярской в 1,2—1,5 раза.

Огнеупорность высокосортных моготермитовых глин достигает 1700°C и более.

К гидрослюдистым глинам относится также и лат, часто упоминаемый в американской литературе.

Технологическая характеристика гидрослюдистых глин сводится к следующему.

1. Глины этой группы сообщают смесям значительно более высокую прочность в сухом состоянии, что объясняется их меньшей усадкой и, следовательно, меньшим нарушением при сушке глинистого остова, связывающего зерна песка.

2. Гидрослюдистые глины (больше, чем каолиновые) склонны к образованию пригара, так как присутствующие в них окислы щелочных металлов (K_2O , Na_2O) понижают температуру плавления сплавов, образующихся на поверхности отливки. Например, окись калия K_2O , закись железа на поверхности отливки $KFeO$ и песок SiO_2 могут образовать легкоплавкие соединения, которые, пропитав поверхностный слой формы, застынут затем в виде пригара на отливке. Наибольшая опасность пригара возникает при наличии, помимо моготермита, также и неразложившейся слюды, значительно обогащающей глину окислами калия или натрия. В чистых моготермитовых глинах содержание этих окислов невелико и не превышает 3%. Так как в смесь вводится до 10% глины, что сокращает количество окислов в смеси в десять раз, лучшие моготермитовые глины пригодны даже при литье стали.

3. С точки зрения связующей способности в сыром состоянии, поведения при сушке, податливости, выбиваемости и долговечности, гидрослюдистые глины аналогичны каолиновым.

4. Лучшей моготермитовой глиной в СССР является Часов-Ярская. Гидрослюдистые глины имеют преимущественное применение при формовке по сухому.

Глины монтмориллонитовой группы. Эти глины, называемые часто бентонитами, состоят, в основном, из монтмориллонита. Характерной его особенностью является непостоянство размеров пространственной решетки; при смешении с водой молекулы H_2O проникают внутрь кристалла, раздвигают слои основных молекул, что вызывает рост кристалла в одном направлении. Таким образом, помимо внешней поверхности смачивания, зависящей у других глин от дисперсности, монтмориллонит обладает внутренней поверхностью смачивания, что значительно увеличивает способность его поглощать воду.

При нагревании монтмориллонит выделяет основную массу воды (95%) уже при 100—200°C.

Монтмориллонит обладает значительной поверхностной активностью, что позволяет ему удерживать большее, чем у других глин, количество положительно заряженных ионов Na , K , Mg и Ca .

Наиболее известным представителем этой группы глин в СССР является Огладинский монтмориллонитовый бентонит, разрабатываемый трестом

Союзформолиты близ ст. Джебел, Красноводской области.

Бентониты отличаются следующими технологическими особенностями.

1. Бентонит, благодаря очень большой поверхности смачивания, сообщает сырым формам и стержням весьма высокую прочность, в 2—3 раза большую, чем другие глины.

2. Так как бентониты теряют главную массу воды при 100—200°C, формы и стержни, высушенные при этой температуре, сильно осыпаются. Поэтому бентониты не могут рекомендоваться для сухой формовки и для стержней.

3. В связи с высокой прочностью, развиваемой бентонитом в сыром состоянии, количество его в смеси может быть в 2—3 раза меньше, чем другой глины. Это позволяет при сохранении постоянной характеристики смеси по прочности и пластичности увеличить значение газопроницаемости, текучести, увеличивать податливость и выбиваемость. Введение в смесь лишь малого количества бентонита сокращает до минимума опасность пригара.

Минералогический анализ глин в части, касающейся определения основных глинистых минералов, может быть сделан определением оптических констант минерала (показатели преломления и пр.) или косвенно помощью термоанализа, химанализа либо структурного рентгеновского анализа. Последний позволяет также определить наличие в бентоните внутрикристаллического набухания.

На рис. 1 и 2 изображены характерные дифференциальные термические кривые каолинита и монтмориллонита. Ясно виден подъем кривой (рис. 1) при 600°C, что соответствует дегидратации и разложению каолинита при этой температуре. Как следует из кривой (рис. 2) бентонит теряет конституционную воду уже при низких температурах, что обуславливает большую осыпаемость песчано-бентонитовых смесей.

Минералогический состав. Примеси

Основному глинистому минералу формовочной глины всегда сопутствуют примеси. По характеру влияния на технологические свойства глины эти примеси можно разделить на две группы — инертные отощающие и вредные.

Инертные отощающие примеси

Наиболее распространенная отощающая примесь — кварц, встречающийся в форме кристаллов различ-

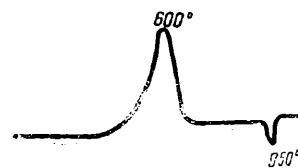


Рис. 1

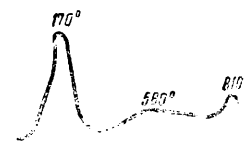


Рис. 2

ной дисперсности. Если дисперсность кварца достаточно велика, то он сильно сокращает усадку глины при сушке, содействуя получению прочных сухих форм и стержней. Этим объясняется, видимо, то обстоятельство, что некоторые глины, сильно засоренные кварцем (например Репинская), при низкой прочности в сыром состоянии имеют относительно высокую прочность в сухом виде.

Вредные примеси

В глинах часто встречаются примеси, отрицательно влияющие на их огнеупорность, а также склонность к пригару. К ним относятся пирит, полевой шпат, известняк, гипс, окислы железа и др.

Пирит FeS_2 — наиболее вредная составная часть глины, так как при повышенных температурах он реагирует с металлом отливки по уравнению $\text{FeS}_2 + \text{Fe} = 2\text{FeS}$. Образовавшееся сернистое железо приваривается к отливке, образуя чрезвычайно трудно удаляемый пригар.

Как показали опыты, проведенные автором в ЦНИЛ Союзформолитье, допустимое содержание пирита в формовочной смеси при литье чугуна — 0,025% (в пересчете на чистую серу), а в глине — 0,25%, исходя из того, что глина вводится в смесь в количестве 10%.

Полевой шпат тоже содействует образованию пригара, так как понижает температуру плавления силикатных соединений, образующихся на поверхности соприкосновения металла с формой. Предельное содержание полевого шпата в формовочной смеси составляет 1% в пересчете на Na_2O или K_2O .

Известняк CaCO_3 при нагревании разлагается по уравнению $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$. CaO действует подобно K_2O и содействует образованию пригара. Однако такой пригар легко отделяется от отливки, обнаруживая при этом гладкую поверхность литья. Экспериментальные работы по изучению влияния CaO позволяют предполагать, что присутствие известняка в глине неопасно.

Гипс CaSO_4 встречается иногда как примесь в бентоните и других глинах. Такое содержание его практически неопасно.

В результате химического анализа глины часто отбраковываются по содержанию серы. При более тщательном рассмотрении анализа следует различать глины, в которых сера присутствует в виде пирита (или другого сульфида), и в виде сульфатов (например гипс).

Окислы железа. Влияние окислов железа на технологические свойства формовочных глин изучено недостаточно. Повидимому, при литье чугуна присутствие их в практически встречающихся количествах не вызывает опасения. При литье стали они несколько содействуют образованию пригара.

Глины, содержащие незначительный процент отощающих или вредных примесей, часто называются (в отличие от каолиновых и других) полиминеральными. Однако это название не дает основания для суждения об их качестве.

Полиминеральные глины в зависимости от примесей часто бывают окрашены (красные, синие, серые и пр.).

Дисперсность формовочных глин

Прочность, сообщаемая глиной сырым формовочным и стержневым смесям, а также пластичность глины зависят главным образом от их дисперсности. Связующую способность глине придают в основном частицы диаметром 1 μ (0,001 мм). Хорошие глины содержат около 40% частиц с поперечником $\leq 1\mu$. Дисперсность глины определяется помощью седиментационного анализа или, косвенно, путем установления коагуляционной способности.

Электрохимические свойства глин

Строение глинистых минералов таково, что поверхность кристалла несет на себе небольшой отрицательный электрический заряд. Благодаря этому глинистые минералы присоединяют к себе положительно заряженные ионы Na, K, Mg, Ca.

В воде глина диссоциирует, ионы снова разделяются и отрицательно заряженные глинистые частицы отталкиваются друг от друга. Чем легче глина диссоциирует в воде, тем больше оснований предполагать, что комочки глины распадутся в воде на образующие их отдельные кристаллы. Так как связующая способность глины зависит от ее дисперсности и от способности каждой частицы образовывать вокруг себя водную оболочку, то глины, легко разделяющиеся на мелкие частицы, будут обладать и более высокими механическими свойствами. Диссоциация глины в воде зависит от количества и характера присоединенных ионов.

Каждые 100 г бентонита поглощают до 100 миллиэквивалентов различных катионов. Каолиновые глины значительно меньше — от 3 до 15 миллиэквивалентов. Характер воздействия различных ионов еще не вполне изучен. Известно, что в Германии, где нет природного высокосортного бентонита (подобного советскому или американскому), монтмориллонитовая глина с присоединенным к ней кальцием химически обрабатывалась, ионы Ca заменялись другими катионами. Полученный искусственный высококачественный бентонит выпускался под маркой связующего материала «Гесо».

В 1946 г. в СССР впервые утвержден ГОСТ на классификацию формовочных глин, разработанный ЦНИЛ Союзформолитье. В настоящее время ВНИТО литейщиков разработало проект ГОСТ на методы испытания формовочных глин.

Технические условия и классификация глин

Перечисленные природные качества глины определяют их поведение при использовании в литейном цехе. Однако сложность лабораторной техники заставляет при приемке глины ограничиваться лишь технологическим их испытанием.

Приведем основные требования к формовочным глинам различного назначения согласно ГОСТ на их классификацию.

Малосвязующие глины «М» применяются, главным образом, для изготовления сухих форм и стержней при несложном чугунном и цветном литье. Отличаются малой прочностью в сыром состоянии и средней прочностью после высушивания. При литье чугуна во избежание пригара в большинстве случаев необходимо окрашивать формы и стержни углеродистыми красками.

Технические требования: прочность на сжатие во влажном состоянии 0,15—0,3 кг/см², прочность на сжатие в сухом состоянии более 1 кг/см².

Применение нашли следующие малосвязующие глины: Суворовская балева песчаная, Репинская, Бобрин-Донская (ш. № 8), Бускульская II и III группы и другие местные глины.

Среднесвязующие глины «С» применяются преимущественно для изготовления сухих и сырых форм и стержней несложной конфигурации (без массивных нависающих частей) при производстве

стального, чугуниного и цветного литья мелких и средних размеров.

Технические требования: прочность во влажном состоянии $0,3-0,5 \text{ кг/см}^2$, прочность в сухом состоянии $1,0-2,0 \text{ кг/см}^2$.

К глинам предъявляются следующие дополнительные требования в отношении их термохимической устойчивости (во избежание пригара), в зависимости от состава заливаемого сплава:

а) при литье стали — высокая термохимическая устойчивость «С-I», огнеупорность $> 1580^\circ\text{C}$. Химический состав — $\text{SO}_3 \leq 0,5\%$; $\text{CaO} + \text{MgO} \leq 1,5\%$; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \leq 3\%$;

б) при литье чугуна — средняя термохимическая устойчивость «С-II»; огнеупорность $> 1380^\circ\text{C}$; химический состав — $\text{SO}_3 \leq 0,7\%$; $\text{CaO} + \text{MgO} \leq 2\%$;

в) при литье цветных металлов — низкая термохимическая устойчивость «С-III», дополнительные требования не предъявляются.

Применяются следующие среднесвязующие глины: Кудиновская «мыловка», Коняшинская, Бобрин-Донская (ш. № 10), Майдан-Вильская, Зиддинская и др.

Глины прочносвязующие в сухом состоянии «ПС» используются преимущественно для производства сухих форм и стержней сложной конфигурации, либо имеющих массивные нависающие части при литье стали, чугуна или цветных металлов всех размеров.

Технические требования: прочность во влажном состоянии $0,3-0,5 \text{ кг/см}^2$, прочность в сухом состоянии $\geq 2,0 \text{ кг/см}^2$.

Во избежание пригара в зависимости от состава заливаемого сплава к глинам в отношении их термической устойчивости предъявляются те же дополнительные требования, что и к среднесвязующим глинам (см. выше) и, в зависимости от этого, они маркируются ПС-I, ПС-II и ПС-III.

К глинам прочносвязующим в сухом состоянии относятся Кудиновская «Сало-товарное», Минская, Гжельская и др.

Глины прочносвязующие во влажном состоянии «ПВ» применяются преимущественно для производства сырых форм и стержней сложной конфигурации, либо имеющих массивные нависающие части при литье стали, чугуна или цветных металлов всех размеров. Используются также для сухих стержней, склонных изменять свои размеры (оседать) перед сушкой или во время нее.

Технические требования: прочность на сжатие во влажном состоянии $\geq 0,5 \text{ кг/см}^2$, прочность на сжатие в сухом состоянии $1-2 \text{ кг/см}^2$.

Во избежание пригара в зависимости от состава заливаемого сплава к глинам в отношении их термохимической устойчивости предъявляются те

же дополнительные требования, что и к среднесвязующим глинам (см. выше) и в зависимости от этого, они маркируются ПВ-I, ПВ-II и ПВ-III.

К глинам прочносвязующим во влажном состоянии относятся Белкинская, Суворовская болевка прима, Суворовская болевка углистая, Суворовская болевка рядовая, Троицко-байновская (сорта I, II, III, IV), Нальчикская, Орская, Латинская II сорта и др.

Высокопрочные глины «В» применяются преимущественно для изготовления сложных форм и стержней, требующих высокой прочности в сухом и сыром состояниях при литье стали, чугуна или цветных металлов всех размеров.

Технические требования: прочность на сжатие во влажном состоянии $\geq 0,5 \text{ кг/см}^2$, прочность на сжатие в сухом состоянии $\geq 2,0 \text{ кг/см}^2$.

Во избежание пригара в зависимости от состава заливаемого сплава к глинам в отношении их термохимической устойчивости предъявляются те же дополнительные требования, что и к среднесвязующим глинам (см. выше) и, в зависимости от этого, они маркируются В-I, В-II и В-III.

К высокопрочным глинам относятся Суворовская болевка первая, Латинская (I сорт), Часов-Ярская (слои 5 и 6), Кагановичская (горизонты I, II, III, IV), Пятихатская, Нижнеуельская, Бускульская (I группа), Раковская, Сталинградская (западная балка), Нальчикская (сорт Д).

Во всех указанных выше случаях прочность определяется в технологической пробе. Для определения прочности в сыром состоянии изготавливается смесь: кварцевый песок К 50/100 — 90 вес. частей, испытываемая глина 10 вес. частей, вода 3 вес. части; для определения прочности в сухом виде изготавливается смесь: песка К 50/100 — 95 вес. частей, испытываемой глины 5 вес. частей, воды 6 вес. частей. Из этих смесей изготавливаются цилиндрические образцы, для которых определяется предел прочности на сжатие.

Бентонит «Б» применяется преимущественно при изготовлении форм и стержней, используемых во влажном состоянии в случаях, когда для повышения газопроницаемости, уменьшения пригара или для других целей необходимо предельно сократить содержание формовочной глины и воды в составе формовочной или стержневой смеси.

Технические условия: 1) породообразующий минерал — монтмориллонит или байделит, обладающий способностью к внутрикристаллическому набуханию в воде; 2) коллоидальность по Туманскому $\geq 90\%$.

В СССР бентонит разрабатывается в Оглайлинском руднике близ ст. Джебел, Красноводской области Туркменской ССР.

Выбор связующих материалов для стержневых смесей

Инж. И. Б. Куманин и инж. А. М. Лясс

(Члены Общества литейщиков)

В результате работы научно-исследовательских институтов и Комитета по связующим материалам Общества литейщиков наметился ряд принципиальных положений, осуществление которых может значительно сократить расходование стержневых связующих материалов и содействовать выполнению постановления Правительства от 7 сентября 1946 г.

До сих пор задача экономного и технически правильного расходования связующих материалов на большинстве заводов решалась путем экспериментального подбора стержневых смесей применительно к отдельным деталям.

Основные направления рационального использования связующих материалов таковы: нормализация требований к стержневым смесям и приведение этих требований в соответствие с конфигурацией, размерами и условиями службы стержней; нормализация рецептов стержневых смесей применительно к отдельным группам стержней, выработка технически обоснованных правил, регулирующих методы введения связующих материалов в стержневые смеси и указывающих на возможность комбинирования различных связующих средств в одной смеси; разработка и организация производства новых технологически совершенных и недефицитных связующих средств.

Нормализация требований к стержневым смесям. Проведенное Обществом литейщиков изучение технологических процессов приготовления и применения стержневых смесей более чем на 50 заводах, а также материалы, собранные Обществом совместно с ВИАМ, ЦНИЛ Союзформолитье, Оргавтопромом и ЦНИИТМАШЕМ, с полной очевидностью доказали следующее:

1. На большинстве заводов существует преувеличенно большая номенклатура стержневых смесей, причем в некоторых случаях смесь служит для изготовления даже одного стержня.

2. Стержневые смеси весьма часто составлены нерационально, без учета условий службы стержней в форме. В частности, многие стержни, не испытывающие больших напряжений под воздействием залитого в форму металла делаются из смесей, обладающих высокой сухой прочностью, причем нерационально расходуются масляные связующие средства.

3. В очень многих случаях, когда для образования чистых стенок в ответственных полостях отливки стержни нуждаются в большой поверхностной прочности, она достигается путем ненужного увеличения общей прочности, что тоже связано с лишним расходом масляных связующих материалов.

4. На ряде заводов, отливающих одинаковые изделия по близким технологическим процессам,

к стержневым смесям часто предъявляются весьма различные требования.

Мы полагаем, что при разработке требований к стержневым смесям следует руководствоваться условиями службы стержней.

Согласно классификации, разработанной И. Б. Куманиным (ЦНИЛ Союзформолитье) предлагается разделять стержни на следующие пять классов.

I класс — стержни с очень тонким сечением стенок (ребра, перемычки), имеющие развитую поверхность соприкосновения с металлом и тонкие знаки. Ввиду малого живого сечения своих тонких частей, эти стержни испытывают большое напряжение от статического и динамического воздействия металла и, следовательно, должны быть очень прочны в сухом состоянии. Вследствие больших размеров знаков, через которые трудно вывести газы, высокая прочность должна быть достигнута при относительно малом содержании связующих в смеси. Увеличение количества крепителя при большой площади соприкосновения с металлом привело бы к повышению содержания газов в стержне.

Число стержней I класса в производстве чрезвычайно ограничено (например ленточные стержни при моторном литье).

II класс — стержни с очень тонким сечением стенок (ребра, перемычки), имеющие развитую поверхность соприкосновения с металлом, но (в отличие от стержней I класса) обладающие достаточно массивными знаками. Типичным примером может служить внешний стержень головки цилиндров авиационного мотора воздушного охлаждения. Обладая очень тонкими ребрами, стержень тем не менее не создает трудностей при выводе газов, так как каждое ребро своим основанием связано с массивным телом корпуса стержня, который легко аккумулирует газ, образующийся в тонких сечениях стержня.

Стержни II, так же как и I классов должны иметь очень высокую общую прочность в сухом состоянии. Однако в данном случае эта прочность может быть достигнута путем введения в смесь повышенного количества связующих веществ, так как газы, образующиеся при заливке, довольно легко выводятся из стержней. Иначе говоря, для стержней II класса пригодны крепители с меньшей удельной прочностью (см. ниже), чем для стержней I класса.

III класс — стержни, не имеющие очень тонких частей, отличающиеся сравнительно небольшой (относительно своего объема) площадью соприкосновения с металлом, но нуждающиеся, ввиду специфических требований к отливке, в очень высокой поверхностной прочности. Обычно такие стержни служат для образования необрабатываемых полостей в ответственных отливках. Примером мо-

гут служить многие центровые стержни в сложном моторном и машиностроительном литье (например, «куски» картера). Они не испытывают значительных напряжений под действием металла и, следовательно, не требуют общей высокой прочности в сухом состоянии, но должны обладать очень прочной, гладкой поверхностью.

IV класс — наиболее распространенные в производстве стержни, требующие умеренной общей и поверхностной прочности. Обычно отношение между площадью соприкосновения стержней с металлом и их объемом невелико. Весьма часто во избежание оседания перед сушкой или в сушиле они должны иметь повышенную прочность в сыром состоянии. Эти стержни служат для образования почти всех обрабатываемых и некоторых необрабатываемых полостей в отливках.

V класс — массивные, большие стержни, образующие в отливках значительные по величине полости. Главным качеством их, наряду с повышенной прочностью в сыром состоянии, должна являться податливость усадке металла.

Классификация стержней по пяти группам делает ясными требования, которые должны быть предъявлены к каждому классу стержневых смесей, и позволяет подойти к нормализации их рецептур.

Нормализация рецептов стержневых смесей. Согласно разработанному инж. А. М. Лясс (ЦНИИГМАШ) методу в дальнейшем изложении авторами будет применяться предложенный им термин «удельная прочность», под которой понимается прочность (выраженная в $\text{кг}/\text{см}^2$), развиваемая связующей добавкой в стержневой смеси и отнесенная к 1% введенной в смесь добавки.

Прямая пропорциональность между количеством добавки и общей прочностью стержневой смеси сохраняется лишь в определенных пределах. Поэтому изменение удельной прочности характеризуется наличием максимума, соответствующего оптимальному количеству добавки с точки зрения эффективности ее использования.

Естественно, что этот максимум определяется и рядом других условий, о которых сказано ниже.

Для стержней I класса, как указывалось, должны применяться связующие добавки, обладающие высокой удельной прочностью и минимальной газотворной способностью. Этим условиям удовлетворяет растительное масло или полноценный его заменитель, например, разработанный ЦНИИ Союзформолитые (канд. техн. наук Л. Я. Резник) крепитель «рематол». По своей химической природе он имеет одинаковую с маслом способность к окислению и к полимеризации.

В последнее время ВИАМ разработал связующий материал «М», представляющий собой искусственную карбомидную смолу. Судя по данным ВИАМ и по зарубежным литературным источникам, эта смола также сможет заменить масло в ответственных стержнях.

Некоторые заводы заменяют растительное масло в стержнях I класса маслом «С» (растительное масло 50%, канифоль 25%, керосин 25%). Технологически оно равноценно растительному, но более дефицитно и дорого. Применение в стержнях I класса крепителей 4ГР, 4ГУ и др. нежелательно, так как помимо своей дороговизны и дефицитности они обладают меньшей удельной прочностью

и, следовательно, должны вводиться в повышенных количествах.

Стержни I класса, отличающиеся тонким сечением, неопасны в смысле оседания перед сушкой или в сушиле, поэтому они нуждаются лишь в минимальной прочности в сыром виде, обеспечивающей их формовку и выемку из ящика. Для таких стержневых смесей рекомендуются чистые кварцевые пески, содержащие минимальное количество глины. Применение этих песков позволяет сократить расход масляного связующего вещества.

Следовательно, для стержней I класса может быть рекомендована смесь, состоящая из кварцевого песка, полноценного заменителя масла (1,5—2,5%) и небольшого количества влаги (2—3%).

Стержни II класса должны иметь те же качества, что и I класса. В этом случае, однако, возможно введение в стержневые смеси большего количества связующих веществ и поэтому технологически допустимо использование крепителей с меньшей удельной прочностью. С хорошими качественными технологическими результатами могут быть использованы заменители (кроме рематола и крепителя «М») — крепитель «БМ» (29% битума, 19% масла, 2% канифоли, остальное уайт-спирит), «бифтал» (битум—24,5%, канифоль — 16,5%, перестрифицированное масло — 8%, фталевый ангидрид — 6%, уайт-спирит — остальное), ленинградский крепитель «Союзформолит» (битум—25—30%, масло—20%, лаколь—50—55%). Для этих же стержней, видимо, окажутся пригодными окисленные нефтепродукты, метод получения и применения которых разрабатывается инж. Я. Г. Поляковым и инж. И. Б. Хазан (Оргавтопром).

Для повышения прочности стержней II класса в сыром состоянии в них иногда вводится глина, однако в предельно низком количестве. Каждый процент глины вызывает дополнительный расход масляной связующей добавки. Поскольку сульфитная барда и глина усиливают действие друг друга на повышение прочности смесей, в стержни II класса можно вводить 1—2% барды. Разумеется, барда, как и глина, применяется только при необходимости повысить прочность стержней в сыром состоянии.

Стержни III класса не нуждаются в общей высокой прочности, требуется лишь хорошее качество их поверхности. Весьма часто делается ошибочное предположение, что поверхностная прочность растет вместе с общей прочностью стержня и что без увеличения последней невозможно добиться повышения поверхностной прочности. Часто полагают также, что сульфитная барда и другие водорастворимые связующие материалы не могут обеспечить достаточных поверхностных качеств стержня, так как не обладают высоким связующим действием применительно к сухим стержням. Опыт показал, что сульфитная барда образует на стержнях весьма прочную и твердую корку. Однако вследствие гигроскопичности этого материала корка через короткий промежуток времени теряет свою твердость.

Для получения устойчивой корки в состав смесей III класса в цехах часто добавляют значительное количество масляных связующих веществ. Фактически общая и поверхностная прочности при

этом не повышаются (так как содержащаяся в смесях глина обычно адсорбирует масло), а лишь компенсируется гигроскопичность барды. Для устранения гигроскопичности нет необходимости применять масляные крепители с большим связующим действием, достаточно употребить гидрофобные материалы, мешающие поглощению стержнем влаги из воздуха и из сырой формы. Поэтому для стержней III класса нерационально пользоваться крепителями, содержащими масло хотя бы в малых количествах, а нужно вводить безмасляные гидрофобные добавки с ограниченным связующим действием. К таким крепителям относятся водная эмульсия торфяного пека (ЦНИЛ Союзформолит), дрегесный пек (ЦНИИТМАШ), крепитель «ГВ» (НАТИ) и др. При этом допустимо одновременное введение в состав смесей сульфитной барды и глины.

Необходимо указать, что для стержней III класса можно успешно пользоваться методом их поверхностной обработки (опрыскивание, окупание). Этим достигается прочная поверхность стержня, без увеличения общей прочности стержневой смеси.

Стержни IV класса должны изготавливаться (и в большинстве случаев изготавливаются) из смесей, имеющих песчано-глинистую основу и содержащих сульфитно-спиртовую барду. Прибавление каких-либо масляных связующих добавок совершенно нерационально.

Стержни V класса изготавливаются из смесей, принципиально не отличающихся от IV класса, но содержащих, помимо песка, глины и барды, также опилки. Опилки сообщают стержням необходимую податливость.

Методы введения связующих материалов в стержневые смеси и комбинированное использование нескольких связующих средств в составе одной смеси. Необходимость уменьшения количества газов, выделяющихся в стержнях при заливке, а также экономические соображения заставляют стремиться к максимальному сокращению содержания крепителей в составе стержневых смесей. Каждый связующий материал, находясь в благоприятных условиях, может сообщить смеси оптимальную, свойственную ему, прочность. Как вытекает из работ инж. А. М. Лясса (литейный отдел ЦНИИТМАШ, руководитель — д-р техн. наук, проф. П. П. Берг), 1% льняного масла, введенный в определенных условиях в кварцевый песок, может сообщить образцам прочность на разрыв до 20 кг/см^2 . С учетом всех поправочных коэффициентов на работу в производственных условиях, эта прочность составит, по крайней мере, 8 кг/см^2 . Удельная прочность декстрина должна быть $R_{уд} \geq 4 \text{ кг/см}^2$. Удельная прочность крепителей 4ГУ, 4ГР и т. п. $R_{уд} \geq 4 \text{ кг/см}^2$. Фактически же в ряде литейных цехов удельные прочности достигают лишь половины указанных величин. Очевидно, что рационализация составов стержневых смесей и методов введения связующих добавок дает большие возможности экономии их.

Полное использование связующего действия добавок можно иметь лишь при соблюдении следующих основных условий.

1. Связующий материал должен покрывать зерна песка равномерной тонкой пленкой. Чем она тоньше, тем выше будет удельное связующее дей-

ствие добавки. Решающее значение для равномерного покрытия зерен песка и получения тонкой пленки крепителя имеет его вязкость. Поэтому существует оптимальная вязкость связующего материала, соответствующая наиболее эффективному его использованию. С этой точки зрения применение, например, масла «С» (раствор растительного масла в уйат-спирите или в керосине) во всех случаях более рационально и экономично, чем чистого масла. По этой же причине целесообразно искусственное снижение вязкости заменителей при их изготовлении путем введения соответствующих растворителей. Наконец, применение эмульсий, получивших распространение в последние годы, также находит себе оправдание.

2. Связующий материал может быть эффективно использован лишь в тех случаях, когда другие компоненты смеси не разрушают и не поглощают его.

Примером является действие глины в песчано-масляных смесях. Глина адсорбирует масло, а ионогенный комплекс глин, активизирующийся при увлажнении смеси, создает условия для омыления масла. Как показала упомянутая выше работа в среднем каждый процент глины заставляет безрезультатно (с точки зрения прочности в сухом состоянии) расходовать 0,25—0,5% масла.

В составе стержневых смесей возможно и обратное действие — взаимное усиление связующего действия двух добавок. Так, сульфитно-спиртовая барда и глина, видимо в результате обмена катионами, создают прочность, превышающую сумму прочностей, которые могли бы быть получены отдельно от этих двух связующих веществ.

3. Связующий материал может быть эффективно использован лишь в условиях, когда влажность смеси содействует полному проявлению его связующей способности. Это особенно применительно к водорастворимым связующим добавкам, а также при применении глины в составе смесей.

Для каждого состава смеси оптимальная влажность устанавливается пока экспериментально. Однако ведущиеся научно-исследовательские работы позволяют надеяться, что будут найдены теоретически обоснованные закономерности по дозировке влаги в стержневых смесях различных классов.

Разработка и организация производства новых недефицитных связующих материалов развивается в настоящее время по следующим направлениям.

1. Получение химическим путем искусственных масел неопредельного характера, способных, подобно растительным маслам, окисляться и полимеризоваться с образованием пленки. Этот, принципиально наиболее правильный путь, привел к разработке в ЦНИЛ Союзформолиты рематола. Данный крепитель представляет собою компрессорное (нефтяное) масло, хлорированное и затем продувкой воздуха почти полностью освобожденное от хлора. Полученный продукт растворен в уйат-спирите. В процессе хлорирования и дехлорирования насыщенные химические соединения переведены в неопредельные соединения, способные по месту своих двойных связей присоединить к себе кислород. Рематол позволяет получать удельную прочность до 5 кг/см^2 .

Впервые этот продукт был изготовлен в значительных количествах (~500 т) до войны.

В настоящее время в Министерстве химической промышленности вновь начато производство рематола с учетом ошибок, допущенных в прошлом. Изготовлены первые 25 *т* нового продукта, которые при заводских испытаниях показали благоприятные результаты.

2. Разработка связующих материалов типа искусственных смол. Предложенный ВИАМ крепитель «М» представляет собой синтетическую смолу, состоящую из мочевины и формальдегида. По данным ВИАМ, первые опыты массового применения крепителя «М» дали очень хорошие результаты, соответствующие литературным данным. Особенно большое внимание искусственным смолам уделяет в последнее время американская специальная литература, которая рекомендует применять их при изготовлении стержней для всех видов литья.

В СССР крепитель «М», очевидно, получит распространение. При внедрении необходимо дополнительно изучить вопрос об его токсичности. Отрицательным свойством карбомидных смол является неприятный запах, выделяемый ими при заливке форм.

Удельная прочность, развиваемая крепителем «М», составляет ориентировочно 3—5 кг/см^2 .

3. Разработка связующих материалов на основе пеков и битумов. Эти материалы, как показано выше, находят широкое применение. Среди них особенно заслуживают внимания торфопексовая эмульсия, древесный пек, газогенераторная сланцевая смола и крепитель «ГВ».

а) Торфопексовая эмульсия, разработанная ЦНИЛ Союзформолитье (автор канд. техн. наук Л. Я. Резник), состоит из торфяного пека, воды и эмульгатора (едкий натр). В таком виде она внедрена на Кировском (Челябинск) и других заводах.

В последнее время на заводе Станколит успешно применяется торфопексовая паста по рецепту, улучшенному ЦНИЛ Союзформолитье в 1946 г.: торфяной пек — 50%, огнеупорная глина — 20%, сульфитная барда — 20%, вода — 10%; 6% такой пасты с добавлением 3—4% воды обеспечивает сопротивление разрыву сухих образцов 6—8 кг/см^2 .

Таким образом, удельная прочность, развиваемая торфяным пеком, составляет в среднем 1,0—1,4 кг/см^2 .

Изготавливают эмульсию сами заводы, получая торфяной пек либо с Редкинского, либо с Нижне-Тагильского заводов.

б) Древесный пек, применение которого разработано ЦНИИТМАШЕМ (канд. техн. наук М. М. Левин), получается в виде отходов в процессе раз-

гонки газогенераторной смолы. Перед употреблением размалывается и вводится в стержневую смесь в виде порошка.

По данным ЦНИИТМАШ, прочность на разрыв образцов, приготовленных из смеси кварцевого песка с 4% молотого древесного пека, 4% глины и 1,5% сульфитной барды при 3,0—3,7% общей влажности, была равна 8—12 кг/см^2 . Таким образом, удельная прочность древесного пека составляет до 1,4 кг/см^2 .

Поставку пека производит Ветлужский лесохимический комбинат Министерства лесной промышленности СССР.

в) Тяжелая фракция сланцевой смолы имеет все основания применяться подобно торфяному и древесным пекам. В настоящее время она весьма успешно, под руководством инж. М. И. Шацких, внедряется на заводах Ленинграда.

г) Крепитель «ГВ», предложенный НАТИ, содержит битума 25%, канифоли 25%, уайт-спирита 50%, удельная прочность до 0,5 кг/см^2 . Внедрен на многих заводах.

4. Искусственные лаки. Прототипом этой группы заменителей являлись крепители 4ГР, 4ГУ и пр. Они представляют собой растительные масла (хлопковое, соевое и др.) или животные жиры (рыбьи), совместно с канифолью, обработанные при высоких температурах в присутствии сиккативов. Удельная прочность их примерно 4 кг/см^2 . Они дороги и дефицитны, однако в свое время они нашли широкое применение в промышленности, что прежде всего объяснялось недостатком других заменителей масла. В настоящее время от этих материалов следует отказаться.

5. Крепители промежуточного типа представляют собой искусственные лаки, подобные описанным выше. Часть масел и жиров заменена в них битумом или пеком (БМ, ленинградский крепитель «Союзформолитье», бифталь и др.).

6. Облагораживание воднорастворимых связующих добавок, в первую очередь, относится к сульфитной барде. Этот продукт нашел широкое применение в литейной промышленности — производство его в 1946 г. возросло до 30 000 *т*. Необходимо, однако, значительно увеличить выпуск твердой барды, а также организовать обработку (облагораживание) барды на месте ее производства. Эта мера позволит значительно поднять удельную прочность барды, которая сейчас очень низка и составляет для смеси с кварцевым песком 0,5—0,9 кг/см^2 , а для песчано-глинистой смеси до 3 кг/см^2 .

О стандарте на литейный кокс

Д-р техн. наук, проф. Л. М. Мариенбах
(Член Общества литейщиков)

Несмотря на огромное влияние физико-химических свойств ваграночного топлива на производительность вагранок, температуру и качество металла, пока еще не разработаны общепризнанные условия, которым оно должно удовлетворять.

На происходившей еще в мае 1940 г. в Ленинграде Всесоюзной конференции по теории и практике ваграночного процесса, организованной Обществом литейщиков, вопрос о требованиях к ваграночному топливу был заново подвергнут всестороннему обсуждению, и принятые решения до сих пор являются руководящими при оценке его качества¹.

Рассмотрим требования, предъявляемые к ваграночному топливу.

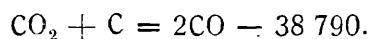
Пористость

В решениях упомянутой конференции пористость литейного кокса определена не выше 35%. Кроме того, конференция рекомендовала производить опытный выжиг кокса с применением трамбования для получения еще более низкой пористости — 20—25%.

Стандартами на доменный кокс² пористость не ограничивается и практически доходит до 50—55%, что для доменного процесса желательно, а для ваграночного — недопустимо.

Реакционная способность

Под реакционной способностью понимают способность топлива восстанавливать образовавшуюся при его сгорании двуокись углерода в окись по реакции:



Ввиду эндотермичности, развитие этой реакции в вагранке крайне нежелательно. Поэтому необходимо топливо с пониженной реакционной способностью.

Лабораторный метод определения реакционной способности сводится к следующему. Через навеску мелкоизмельченного топлива в несколько грамм, нагретую до определенной температуры (обычно 900°) в печи типа Марса, пропускается равномерный поток двуокиси углерода. Реакционная способность топлива определяется по составу получающихся при этом газов. Чем она выше, тем больше будет процент окиси углерода в газах. Величина реакционной способности, выраженная в процентах, определяется по формуле:

$$R = \frac{\text{CO}}{\text{CO} + 2\text{CO}_2} \cdot 100 \text{ (реакционная способность по Бунте).}$$

¹ Резолюция Всесоюзной конференции по вагранкам. Изд. ЛОНИТО литейщиков, Ленинград, 1940.

² ГОСТ 513-41 на кокс металлургический из углей Донецкого бассейна и ГОСТ 2014-43 на кокс металлургический из углей восточных районов.

После преобразования получается

$$R = \frac{\frac{\text{CO}}{2}}{\frac{\text{CO}}{2} + \frac{2\text{CO}_2}{2}} \cdot 100 = \frac{\text{CO}_2 \text{ превращенный}}{\text{CO}_2 \text{ примененный}} \cdot 100$$

(реакционная способность по Агде и Шмидту). Эти две величины, как видно, совершенно идентичны.

Нами рекомендуется следующая классификация топлив по реакционной способности (табл. 1).

Таблица 1

Реакционная способность	По Бунте и Агде и Шмидту, в %
Малая	15—25
Средняя	25—50
Большая	50—100

В соответствии со сказанным, литейное топливо должно быть отнесено по этой классификации к группе топлив с малой реакционной способностью, характеризуемой величиной 15—25%.

Механическая прочность

Необходимость высокой механической прочности ваграночного топлива не требует больших пояснений. От его прочности зависит сопротивляемость механическим воздействиям, неизбежным при транспортировке от места добычи к складу литейной и от склада к вагранке.

Если топливо в самой вагранке раскрошится и превратится в мелочь, забив сечение шахты, нормальный процесс плавки нарушится.

В литературе имеются указания, что у хорошего литейного топлива крепость на сжатие должна быть не менее 80 кг/см². Этому требованию при нормальной температуре удовлетворяет большинство ваграночных топлив. Важнее всего, как изменяется прочность топлива с повышением температуры.

Для оценки механических свойств холодного топлива чаще всего применяется испытание в барабане Сунгрена, а также проба на сбрасывание.

При испытании хорошего кокса остаток в барабане должен быть не менее 300 кг, минимальный допустимый остаток 280 кг.

Ввиду отсутствия лабораторных методов определения устойчивости топлива при высоких температурах, можно привести лишь в качестве примера способ, рекомендованный стандартом на литейный антрацит³.

Куски исследуемого топлива кладутся в кузнечное, хорошо горящее горно, предварительно очищенное от шлака. Когда они раскалятся до

³ ГОСТ № 18-10 — стандарт на литейный антрацит.

светлокрасного цвета (приблизительно до 900°C), для чего допускается легкое поддувание, их вытаскивают из горна и свободным падением сбрасывают с высоты 600 мм на металлическую плиту. Каждый кусок термически стойкого топлива должен расколоться не более, чем на 2—3 куска.

Если не считать характерной нетермоустойчивости для ряда сортов антрацитов, то в большинстве случаев все плотные топлива с малой реакционной способностью являются одновременно и термоустойчивыми.

Сернистость

Большое значение придается низкой сернистости ваграночного топлива, что объясняется особенностями ваграночного процесса. Вагранка работает на кислых шлаках и, кроме того, металл в процессе нагрева и расплавления соприкасается с продуктами горения топлива и с самим топливом.

Благодаря соприкосновению металла с топливом и газами, он насыщается в вагранке в той или иной степени серой, в зависимости от ее содержания в топливе и от его сорта.

Известна эмпирическая формула расчета серы в жидком металле в зависимости от ее содержания в металлической шихте и в топливе:

$$S_{ж.м} = 0,75 S_{т.м} + \alpha \cdot K \cdot S_t,$$

где

$S_{ж.м}$ — содержание серы в жидком металле, в %;

$S_{т.м}$ — содержание серы в твердом металле, в %;

S_t — содержание серы в топливе, в %;

α — коэффициент, равный для кокса 0,35, для антрацита—0,215;

K — расход топлива в долях от металлической шихты.

Примем среднее допустимое содержание серы в коксе 1,2%. Тогда среднее допустимое содержание серы в антраците будет равно:

$$1,2 \cdot \frac{0,35}{0,215} = 2\%.$$

То же количество серы допускается и в термоантраците.

Зольность

Золы в ваграночном топливе должно быть минимальное количество. Она нежелательна с двух точек зрения: во-первых, являясь балластом, она снижает теплотворную способность топлива и, во-вторых, вся зола топлива уходит в шлак, увеличивая его количество, требуя, кроме того, дополнительных флюсов для ее ошлакования.

Качественными считаются коксы с содержанием не более 9—10% золы.

Кусковатость

Большое значение для правильного хода ваграночного процесса имеет кусковатость кокса.

Согласно ГОСТ 513-41 и 2014-43 на доменный кокс, минимальным размером куска считается 25 мм. Для литейного производства этот размер совершенно недостаточен. Практика показала, что следствием применения подобного кокса является холодный чугун, повышенное насыщение металла серой, увеличенное науглероживание металла и пониженная производительность вагранки.

Особенно резко снижаются показатели работы вагранки при применении несортированного, содержащего мусор, кокса.

Выпускаемый коксовыми заводами, в зависимости от крупности куска, кокс разделяется на следующие сорта:

крупный кокс — размером от 25 мм и выше,

коксовый орех — от 15 до 25 мм,

коксовая мелочь — от 0 до 15 мм.

Лишь в последнее время большие доменные печи стали снабжаться коксом от 40 мм и выше, причем кокс 25—40 мм выделяется в таком случае в отдельную фракцию.

Для литейного производства эти цифры совершенно неудовлетворительны.

По американским данным, имеется следующая зависимость между диаметром вагранки и рекомендуемым размером кусков кокса (табл. 2).

Таблица 2

Диаметр вагранки, в мм	610	760	910	1 070	1 220	1 370	1 680	1 830
Рекомендуемый размер куска кокса, в мм	50	63	88	100	112	125	137	150

Бауэрс и Мак-Кензи рекомендуют минимальный размер кокса в 75 мм. По другим английским данным, куски могут колебаться в пределах 80—120 мм.

По мнению Р. А. Мотт и Р. В. Уиллера, основным фактором является не только размерность, но и однородность кокса. Ими был испытан наряду с крупным коксом (свыше 75 мм) сравнительно мелкий — 40—75 мм. Он был однороден и хорошо отсортирован (класс 0—40 мм составлял 3%). При этом получены весьма положительные результаты.

Влажность

Влага в топливе является балластом, снижающим его теплотворную способность. В вагранке влага топлива испаряется в верхней части (в шахте), охлаждая ее.

Поэтому в литейном коксе желательна минимальная влажность. Действующими стандартами на доменный кокс допускается содержание влаги до 4%.

Содержание летучих

Наличие летучих веществ в топливе весьма нежелательно. Попадая в зону высоких температур шахты вагранки, топливо прогревается и теряет летучие вещества. Летучие (главным образом, водород и метан, с температурой воспламенения 500—700°C), поднимаясь к загрузочному окну, воспламеняются. Это ведет к излишнему повышению температуры на колошнике, со всеми вытекающими отсюда вредными последствиями.

Кроме того, по данным ряда авторов, содержание летучих связано с реакционной способностью топлива, что также говорит об их отрицательном влиянии на ваграночный процесс.

Хороший литейный кокс должен содержать не более 1% летучих. Действующими стандартами на доменный кокс допускается до 1,5% летучих.

Калорийность

Калорийность кокса является важнейшим его свойством, ибо он прежде всего — источник необходимого для процесса плавления тепла. При этом

желательно, чтобы ваграночное топливо обладало возможно большей теплотворной способностью.

Величина теплотворной способности топлива прежде всего зависит от размера содержащегося в нем балласта (т. е. от количества золы и влаги) и для хорошего литейного кокса колеблется в пределах 6 800—7 200 кал/кг.

В свете этих данных рассмотрим ранее предлагавшиеся проекты ГОСТ на литейный кокс.

Попытки создания стандарта на литейный кокс делались неоднократно. Однако стандарта, удовлетворяющего как требованиям литейного производства, так и возможностям угольной и коксохимической промышленности, до сих пор, как было сказано, создать не удалось. Так, в 1937 г. Обществом литейщиков был разработан проект стандарта, содержащий следующие требования¹:

влажность	до 3%
летучих в абсолютно сухом коксе	до 1%
мелочи	до 3%
пористость	35—40%
калорийность	не ниже 6 700 кал/кг
серы для: I сорта	1,0%
II "	1,2%
III "	1,4%
зола для: I "	9,0%
II "	11,0%
III "	12,5%

Размер кусков кокса 50 — 120 мм с делением на 3 фракции: 50 × 50; 80 × 80 и 120 × 120.

Проект Общества был отвергнут как связанный со значительными расходами на переоборудование коксовых заводов и вызывающий большие отходы мелочи (на коксовых заводах).

В 1938 г. изготовление литейного кокса из углей Донецкого бассейна было узаконено письмом Главкокса от 4 июня 1938 г. за № 21/7-к в виде специальных «Временных технических условий на литейный кокс из углей Донецкого бассейна» (табл. 3).

Таблица 3
Временные технические условия на кокс литейный

Завод	Марка	W _P , в %	A ^c , в %		S ^c _{об.} , в %		V _г , в %		Барабан, в кг		Содержание мелочи, в %	
			сред.	пред.	сред.	пред.	сред.	пред.	сред.	пред.	сред.	пред.
Макеевский старый	КЛ	6,0	9,1	11,1	1,25	1,45	1,0	1,5	320	280	3	5
Алексеевские печи (Мушкетеро)	"	6,0	9,2	11,2	1,00	1,20	1,5	2,0	300	270	2	4
Ольховский	"	6,0	9,2	11,2	1,00	1,20	1,0	1,5	305	280	2	4
Криворожские печи (Брянский)	"	6,0	9,0	11,0	1,40	1,60	1,5	2,0	300	280	2	4

Эти условия действовали лишь до временной оккупации Донбасса немецко-фашистскими захватчиками.

Таким образом, установление в 1938 г. временных норм на литейный кокс узаконивало положение, что он является наиболее качественным по золе и сере и этим, по существу, отличается от доменного кокса.

¹ Инж. И. С. Эгиз, Проект стандарта на литейный кокс. «Литейное дело», № 3, 1938.

Учитывая ресурсы малосернистых и малозольных донецких углей, Донецкий углехимический институт в 1941 г. разработал проект ГОСТа на литейный кокс для следующих заводов (табл. 4).

Таблица 4

Завод	Предполагаемый выжиг в 1941 г. (в тыс. т)	Зола, в %		Сера, в %		Индекс сбрасывания ² , в %	
		сред.	пред.	сред.	пред.	сред.	пред.
Ольховский	227	9,5	11,5	0,9	1,1	85	75
Мушкетеро-ский	255	8,5	10,5	0,9	1,1		

В том же проекте ГОСТ на литейный кокс Донецкий углехимический институт предлагал по кусковатости 2 сорта: кокс литейный повышенного качества — более 50 мм, кокс литейный — 50—25 мм.

В результате рассмотрения в 1941 г. разработанного Донецким углехимическим институтом проекта ГОСТ в Техническом отделе НКЧМ был предложен потребительский стандарт на литейный кокс (табл. 5).

Таблица 5

Сорт	Сера, в %		Зола, в %		Барабан, в кг		Кусковатость, в мм (более)
	норма	пред.	норма	пред.	норма	пред.	
Кокс литейный повышенный	0,9	1,0	9,0	10,5	300	280	40
Кокс литейный	1,1	1,2	9,0	10,5	300	280	25

ВКС при СНК СССР начал в 1941 г. рассматривать ГОСТ на литейный кокс, но утверждение его было прервано войной.

В 1945 г. Общество литейщиков по поручению Народного комиссариата среднего машиностроения вновь разработало проект стандарта на литейный кокс, в котором были учтены фактические возможности угольной и коксохимической промышленности на 1945 и 1946 гг. Это привело невольно к некоторому снижению требований по сравнению с желательными для литейного производства.

Однако отсутствие стандарта ставило литейное производство в чрезвычайно тяжелое положение. Необходимость принятия реально обоснованного стандарта была очевидной.

В этом проекте стандарта не было указаний о пористости, реакционной способности и прочности кокса при высокой температуре, ввиду отсутствия соответствующих лабораторных установок на коксохимических заводах. Намечались следующие сорта литейного кокса (табл. 6):

кокс литейный донецкий КЛДС³, I, II, III (4 сорта)
кокс литейный кузнецкий КЛК, I и II (2 сорта)
кокс литейный уральский КЛУ, I и II (2 сорта).

Согласно проекту эти сорта кокса должны были обладать следующими показателями:

² Индекс сбрасывания устанавливается только для литейного кокса размером более 50 мм.

³ Кокс специальный из тощих углей и пека.

Таблица 6

Показатель коксов	КЛДС	КЛД-I	КЛД-II	КЛД-III	КЛК-I	КЛК-II	КЛЗ-I	КЛЗ-II
Влага, в %:								
среднее содержание . . .	4	4	4	4	4	4	4	4
Зола, в %:								
среднее содержание . .	9	12	13	13	11	12	13	13
предельное содержание . .	11	15	16	16	13	14	15	15
Сера, в %:								
среднее содержание . .	1	1,2	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,8
предельное содержание . .	1,5	1,5	1,8	1,8	1,8	0,6	0,6	1,0
Летучие вещества, в %:								
предельное содержание . .	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	1,2	1,5
Остаток кокса в барабане, в кг:								
среднее значение	300	300	290	280	315	280	290	290
предельное значение	280	280	270	260	290	260	270	270
Размер кусков, в мм (более)	50	40	40	25	40	25	40	25
Содержание мелочи (менее 40 или 25 мм):								
среднее	4	4	4	4	3	3	3	2
предельное	6	6	6	6	5	5	5	4

Основные замечания и предложения по этому проекту ГОСТ со стороны литейщиков сводились к следующему: уменьшить число сортов кокса; увеличить минимальный размер его кусков до 70 мм; уменьшить содержание серы до 1,3% максимум; уменьшить содержание золы до 12% максимум; уменьшить содержание летучих до 1,5% максимум.

Кроме того, рекомендовали ввести в стандарт показатель пористости (до 40%).

В результате обсуждения этого проекта ГОСТ в течение 1945—1946 гг., отделом стандартов угольной и твердотопливной промышленности был разработан окончательный проект ГОСТ на литейный кокс. Проект утвержден ВКС в ноябре 1946 г. с введением в действие с 1 января 1947 г. сроком на 1 год с тем, чтобы за 1947 г. дать возможность

коксохимической промышленности подготовиться к выпуску более качественного литейного кокса.

Согласно утвержденному ГОСТ (3340-46) кокс литейный, в зависимости от его качества, разделяется на три сорта, условно обозначаемые: КЛ-I, КЛ-II и КЛ-III. К сорту КЛ-I отнесен по качественным показателям кокс Кемеровского и Кузнецкого заводов, к сорту КЛ-II — Магнитогорского и Н.-Тагильского заводов и к сорту КЛ-III — коксы южных заводов.

Показатели этих трех сортов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Показатели	КЛ-I	КЛ-II	КЛ-III
Содержание влаги, в % (не более) ¹	4,0	4,0	4,0
Содержание золы, в %:			
среднее	11,5	13,0	13,0
предельное	13,0	15,0	15,0
Содержание серы, в %:			
среднее	0,5	0,8	1,2
предельное	0,6	1,0	1,4
Выход летучих, в % (не более)	1,5	1,5	1,5
Остаток кокса в барабане, в кг:			
средний	290	290	300
предельный	270	270	280
Размер кусков, в мм (не менее)	40	40	40
Содержание мелочи, в % (не более)	4,0	4,0	4,0

Утвержденный стандарт хотя и не удовлетворяет полностью всем требованиям литейного производства, но все же является прогрессивным шагом, стабилизирующим процесс плавки в вагранках.

Необходимо, чтобы в течение 1947 г. были подготовлены все условия как для выпуска, начиная с 1948 г., кокса с меньшим содержанием серы и золы и большего размера по кусковатости, так и для введения в окончательный стандарт новых показателей: пористости, реакционной способности, термоустойчивости и теплотворной способности.

Кроме того, следует установить деление кокса по размерным фракциям, предложенное проектом ГОСТ Обществом литейщиков, разработанным в 1937 г., а именно: 50 × 50, 80 × 80 и 120 × 120.

¹ Показатель содержания влаги не является браковочным признаком и служит для расчетов с потребителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Я. Коляндер, О качестве литейного кокса. «Кокс и химия», № 2, 1940.
2. И. И. Нижников и Л. М. Штейн, О топливе для вагранок. «Литейное дело», № 4, 1941.
3. Н. Н. Рубцов, К вопросу о свойствах и методах испытания металлургического кокса. «Известия Теплотехнического института», № 7, 1945.
4. Н. Н. Рубцов, Топливо для вагранок. «Литейное дело», № 1, 1930.
5. ЛОНИТОЛ, Резолюция Всесоюзной конференции по вагранкам, Ленинград, 1940.
6. И. С. Эгиз, Проект стандарта на литейный кокс. «Литейное дело», № 3, 1938.
7. Н. П. Чижевский, О литейном коксе. «Вестник металлургической промышленности», № 5, 1930.
8. Под ред. Н. П. Тархова, Литейный кокс и его свойства. М., 1933.
9. Р. Медгер и Ф. Пистор, Реакционная способность кокса. Харьков, 1932.
10. Л. М. Мариенбах и Н. М. Байчук, Реакционная способность топлива и ее влияние на процесс в вагранке (Отчет об исследовательской работе).
11. П. С. Матюшенко, Промышленная классификация ископаемых углей. «Кокс и химия», № 4—5, 1940.
12. Л. М. Мариенбах, Теория процесса горения в вагранке. «Литейное дело», № 4, 1939.
13. Шейнфельд, Влияние качества кокса на температуру металла. «Литейное дело», № 6, 1939.
14. С. О. Бируля, Значение кусков кокса при плавке чугуна в вагранке. «Литейное дело», № 3, 1938.
15. Боуэрс и Мак-Кензи, О влиянии размеров кусков кокса на процесс плавки чугуна. «Г. Т. Ж.», 10 июня 1937 г.
16. О. Нейль и Пирс, Практическая и лабораторная характеристика ваграночного кокса. «Г. Т. Ж.», 22 и 29 июля 1937 г.
17. Р. А. Мотт и Р. Б. Уиллер, Кокс для доменных печей. Харьков, 1934.
18. Л. М. Мариенбах, Применение местных топлив и замесителей кокса при плавке чугуна в вагранке. М., 1943.
19. В. Т. Броун, Улучшение качества кокса. «B. J. and S.P.», октябрь 1942 г., № 10 и ноябрь 1942 г. № 11.

Испытание авторегулятора уплотнения для встряхивающих формовочных машин¹

Д-р техн. наук, проф. П. Н. Аксенов
(Член Общества литейщиков)

Стабилизация плотности набивки (степени уплотнения) литейных форм при переменных условиях режима работы формовочных машин в цеховых условиях имеет большое практическое значение. Она позволяет стабилизировать геометрические размеры отливок, что особо важно для массового производства, и сокращать брак литья по обвалам, засорам, ужиминам и газовым раковинам. Кроме того, автоматизация управления процессом уплотнения дает возможность обслуживания формовочных машин рабочими меньшей квалификации.

В настоящее время основным формовочным оборудованием наших механизированных литейных цехов являются пневматические встряхивающие машины. Номинальное давление сжатого воздуха в цеховой сети составляет 6 *ати*, но фактически оно обычно ниже — 5,0—5,6 *ати*, и вообще значительно колеблется в течение рабочей смены. Так, на одном из заводов, где проводилась данная работа, амплитуда колебания давления у формовочных машин достигает 2—3 *ат*. Авторегуляторы уплотнения должны прежде всего реагировать на эти колебания давления в сети, обеспечивая стабильную плотность набивки снимаемых с машин литейных форм.

Целью работы было испытание в эксплуатационных условиях авторегулятора уплотнения, предложенного автором. Рабочие чертежи авторегулятора разработаны инженерами завода Н. М. Виленкиным и В. В. Осокиным. Испытание проведено в литейной ковкого чугуна на формовочной машине типа Николс канд. техн. наук И. Б. Петровой при участии студента МАМИ В. С. Мысовского и механика литейного цеха завода инж. П. В. Мосоковского под руководством автора.

При испытании изготовленного регулятора производились замеры плотности набивки литейных форм с помощью прибора Дитерта, а также регистрировались давление воздуха в сети у формовочной машины и число ударов встряхивания на одну форму. Плотность набивки измерялась на плоскости разреза формы.

Испытанию авторегулятора предшествовали промеры плотности набивки форм при обычном методе управления машиной, с ручным выключением встряхивания формовщиком. Как показали полученные материалы при промере 297 форм, плотность набивки колеблется в широких пределах: от 67 до 85 единиц по Дитерту. На рис. 1 сопоставлены числа ударов на 1 форму при различном давлении воздуха в сети. Как видно, формовщик дает число ударов вне зависимости от давления воздуха, и, следовательно, от энергии удара машины.

На рис. 2 показан принцип действия авторегулятора уплотнения. Скользящий груз весом Q удерживается на вертикальной направляющей трением. Сила трения $F > Q$. Направляющая

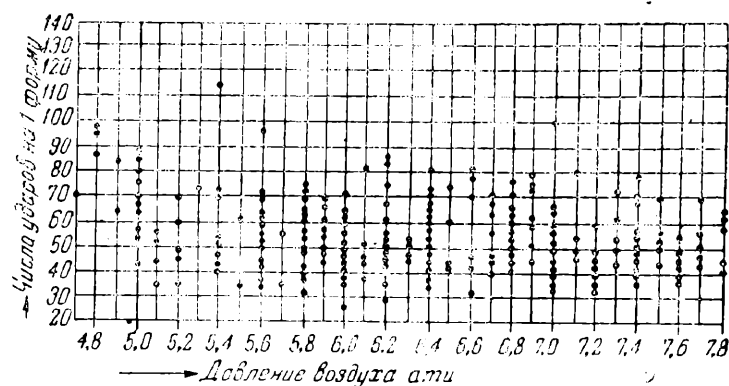


Рис. 1

укреплена к встряхивающему столу формовочной машины. При ударах встряхивания имеет место осадка груза вдоль направляющей тем большая, чем энергичнее удары.

Можно доказать теоретически, что величина осадки такого груза на трении прямо пропорциональна работе, затрачиваемой на пластическую деформацию уплотнения данной литейной формы, набиваемой на встряхивающей машине.

Следовательно, суммарный путь груза вдоль направляющей нарастает параллельно с нарастанием плотности набивки формы. И если заставить такой груз при перемещении на заданную длину пути автоматически останавливать встряхивание, то мы получим авторегулятор, который будет выдерживать стабильную плотность набивки литейных форм независимо от колебаний давления воздуха в сети и от изменения других факторов, влияющих на энергию удара машины.

На рис. 3 приведена схема конструкции и включения авторегулятора.

Грузом служит пустотелый плунжер 1, заторможенный двумя колодками 2, сила нажатия которых регулируется с помощью подтяжки пружин 3 винтами 4. При пуске встряхивания формовщик переводит рукоятку управления в показанное на схеме положение. По шлангу 5 воздух подводится при этом к корпусу регулятора.

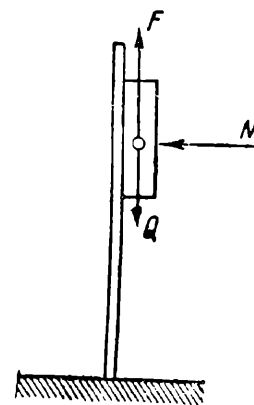


Рис. 2

¹ Работа выполнена Обществом литейщиков.

В момент, когда плунжер 1 опустится в свое нижнее положение, показанное на схеме, воздух пройдет через верхнюю кольцевую выточку и отверстия 6 внутрь плунжера. Оттуда через отверстия 7 и нижнюю кольцевую выточку в гильзе цилиндра регулятора воздух пройдет в шланг 8

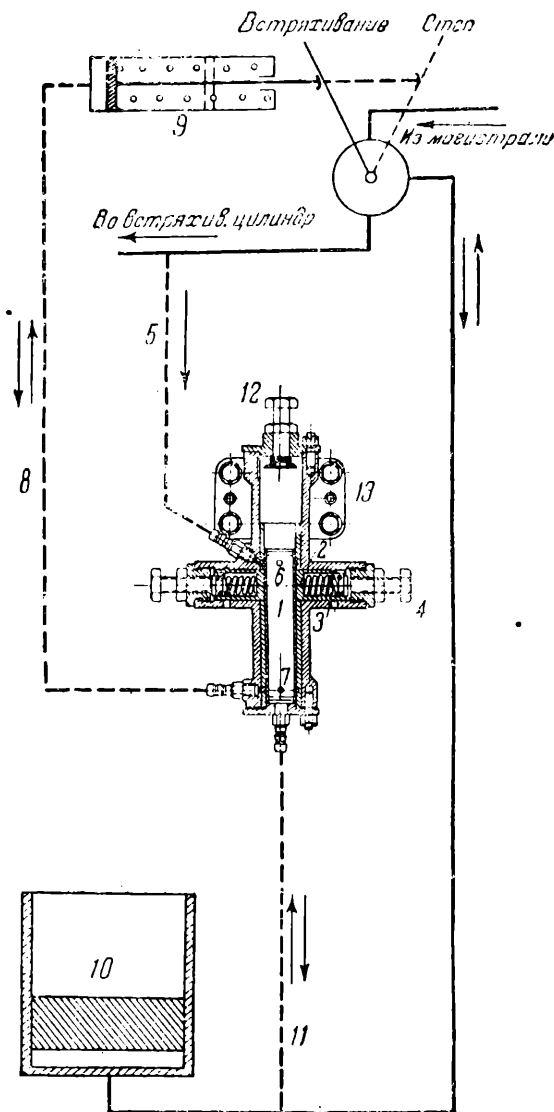


Рис. 3

и по нему в толкатель 9. Толкатель повернет пусковую рукоятку обратно в положение «стоп», и встряхивание автоматически прекратится.

Для возврата плунжера авторегулятора в исходное верхнее положение используется цилиндр 10, действующий в машине после операции встряхивания. Таким цилиндром может быть цилиндр подпрессовки, штифтового подъема, поворотной плиты, вибратора и пр. В данном случае на машине типа Николс был использован цилиндр подпрессовки. При включении цилиндра 10 воздух по третьему шлангу 11 поступает под плунжер авторегулятора и поднимает его до упора в регулирующий винт 12, служащий для изменения длины хода плунжера (и, следовательно, плотности набивки форм). При выхлопе цилиндра 10 воздух из корпуса авторегулятора, а также из шланга 8

и толкателя 9, уходит в атмосферу. Регулятор крепится к встряхивающему столу машины сбоку на фланце 13.

Авторегулятор (рис. 4) описанной конструкции был впервые испытан в 1940 г. в литейной № 3 московского автозавода им. Сталина. Это испытание подтвердило правильность принципа, положенного в основу устройства авторегулятора. В то же время было установлено, что наиболее стабильная сила трения между колодками и плунжером, и, следовательно, наиболее стабильная плотность набивки форм, получалась при сухом трении, т. е. при работе без смазки плунжера.

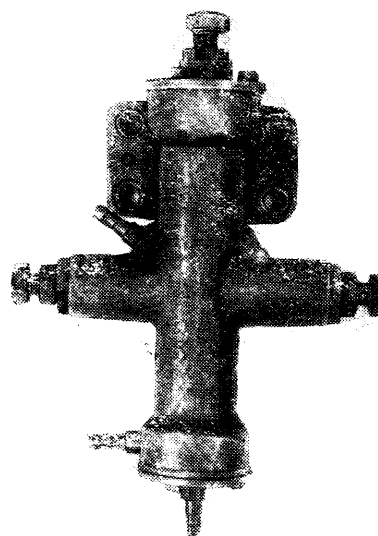


Рис. 4

Это обстоятельство было учтено при испытании на другом заводе. Авторегулятор работал на сухом трении и выдерживал плотность набивки форм в узком интервале колебаний. Как показали результаты промеров, подавляющее большинство форм имело отклонения плотности по Дитерту, не превышающие ± 3 единиц от среднего значения.

Однако данное испытание установило, что такая стабильность плотности набивки время от времени нарушалась, так как вместе со сжатым воздухом из магистрали в авторегулятор проникала пыль и влага. Попадая на трущиеся поверхности, эти загрязнения значительно изменяли силу трения плунжера о колодки, и плотность набивки форм в таких случаях сильно изменялась.

Подтвердив еще раз правильность основного принципа регулятора данной системы, это испытание показало необходимость в изменении конструкции прибора. Именно для получения вполне надежного действия доступ сжатого воздуха из магистрали к трущейся паре плунжер-колодки должен быть исключен. Такой измененный авторегулятор сейчас изготавливается и будет дополнительно испытан в 1947 году. Что же касается описанного в настоящей статье прибора, то весьма вероятно, что очистка сжатого воздуха путем установки фильтра и конденсационного бака перед формовочной машиной даст возможность применить в ряде случаев и эту простейшую конструкцию.

Опыт реконструкции вагранки

Инж. Е. А. Клаустинг
(Член Общества литейщиков)

До реконструкции вагранка нашего завода представляла собой печь обычного типа без копильника с шахтой диаметром 600 мм. Контрольно-измерительной аппаратуры не было. Удельный расход кокса составлял около 20%, производительность колебалась в пределах 0,6—1,0 т/час при температуре чугуна на жолобе около 1300° и ниже¹. Плавка продолжалась 2—3 часа. При толщине футеровки 250 мм разгар ее в зоне плавильного пояса через 5—6 дней после ремонта достигал 100—120 мм на сторону.

После введения оптимальных норм шихтовки (топливная колонна 22 вместо 36 кг, металлическая колонна в среднем 220 кг) температура чугуна поднялась, колеблясь от 1320 до 1420°, иногда достигая даже 1450°. Производительность возросла до 1,5 т/час.

Полученные результаты не могли удовлетворить нас, ибо ход печи был неустойчивым и к концу плавки температура чугуна снижалась. Тогда на вагранке был установлен контроль давления дутья и расход воздуха, в результате чего выяснилась большая неравномерность этих параметров. Давление менялось от 250 до 500 мм; расход воздуха — от 10 до 30 м³/мин, достигая особенно больших значений непосредственно перед выбивкой вагранки.

В итоге возникла мысль об автоматической регулировке дутья и о некоторой реконструкции вагранки.

Автоматическое регулирование расхода воздуха. Автором был разработан несложный по конструкции автоматический регулятор. Прибор был выполнен в лаборатории завода простейшими средствами и, будучи установлен на вагранку, достаточно точно поддерживал заданный расход воздуха в продолжение всей плавки.

Работа регулятора характеризуется данными табл. 1 и 2 (из актов испытания).

На рис. 1 дана схема прибора. Собственно управляющая часть автомата состоит из двух закрытых сообщающихся сосудов — камер 5 и 9, включенных в цепь измерительной диафрагмы воздухопровода.

Разность уровней жидкости (воды, масла и т. п.) в сообщающихся камерах будет соответствовать перепаду давления у диафрагмы, т. е. определится расходом воздуха. В камере 5 имеется поплавков 6 с клапаном 4, запирающим входное отверстие трубки 3. Эта трубка несет на себе винт 1, регулирующий величину дроссельного отверстия 2 и отросток, который соединяет полость трубки с сервомотором 8, вращающим дроссельную заслонку воздухопровода.

При расходе воздуха свыше заданного значения уровень жидкости в камере 5 понизится

и клапан 4 начнет пропускать в трубку 3 больше воздуха. Давление в последней возрастет²

Таблица 1

Опыты с пустой вагранкой

№	Давление вентилятора вагранки, в мм вод. ст.	Собственное сопротивление вагранки, в мм вод. ст.	Расход воздуха, в м³/мин.	Угол поворота дроссельной заслонки к оси трубы, в град.
1	420	320	22,5	25,0
2	420	270	23,0	32,5
3	410	240	23,5	36,0
4	420	225	23,5	37,5
5	420	222	23,5	38,0
6	410	80	21,3	42,0
7	420	280	23,0	32,0

Примечания: 1. Аналогичным образом ведет себя прибор и на других режимах расхода воздуха.

2. При внезапном изменении сопротивления вагранки с 80 на 280 мм режим устанавливается 30—40 сек.

Таблица 2

Работа регулятора в процессе плавки на вагранке

№	Давление вентилятора вагранки, в мм вод. ст.	Собственное сопротивление вагранки, в мм вод. ст.	Расход воздуха, в м³/мин.	Угол поворота дроссельной заслонки к оси трубы, в град.	Примечание
1	—	470	23,5	20	Прекращена завалка колоши, столб шихты понижается
2	520	430	23,0	30	
3	510	415	23,2	32	
4	570	430	23,0	27	
5	470	350	23,0	30	
6	410	355	23,5	23	
7	420	392	22,2	3	Загружена колоша при неполной шахте, что вызвало уплотнение столба шихты ударом, а отсюда повышение собственного сопротивления вагранки
8	410	395	22,3	9	
9	420	370	22,5	6	
10	415	380	21,8	3	Загрузка 2-й колоши при неполной шахте. Уплотнение еще значительнее, давление вентилятора уже недостаточно и при полном открытии дросселя регулятора
11	425	400	21,4	0	
12	423	395	20,0	0	
13	418	390	20,5	0	
14	362	345	19,8	0	Резкое снижение числа оборотов вентилятора
15	350	330	19,5	0	
16	610	520	25,5	25	Резкое увеличение числа оборотов вентилятора, регулятор начал работать. Конец плавки
17	610	500	22,8	30	
18	610	450	23,5	38	
19	610	315	24,0	42	

² Давление в трубке 3 всякий раз определяется соотношением сопротивлений истечению газов через клапан 4 и дроссельное отверстие 2.

¹ По пирометру типа Holborn Kurlbaum без поправки.

и колокол 8 станет подниматься, прикрывая дроссельную заслонку. Этот процесс будет совершаться до тех пор, пока расход воздуха не уменьшится до

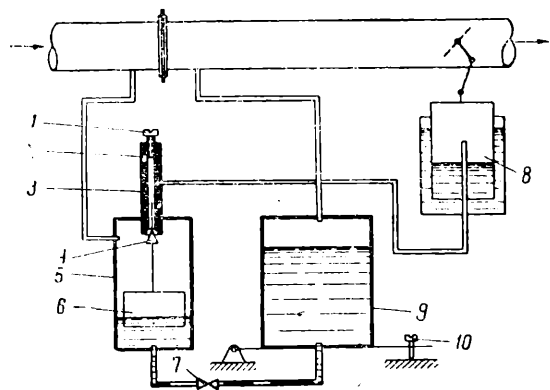


Рис. 1

заданного значения¹. Тогда в некоторый момент клапан 4, вследствие повышения уровня жидкости в камере 5, прикроет входное отверстие в трубке 3 настолько, что давление в ней будет лишь поддерживать колокол 8 в неподвижном состоянии, т. е. система регулятора придет в равновесие.

При уменьшении расхода воздуха уровень жидкости в камере 5 повысится, клапан 4 прикроется, давление в трубке 3 упадет и дроссельная заслонка начнет вращаться в обратную сторону, пока расход воздуха не увеличится до заданного значения и система регулятора вновь не придет в состояние равновесия.

Вращением винта 1 можно в известных пределах изменять настройку прибора. Для задания требуемого расхода воздуха служит винт 10, посредством которого меняется высота положения камеры 9 и тем самым необходимая для регулировки разность уровней жидкости. Высоту этой камеры можно градуировать прямо в м³/мин (при условии сохранения в камерах постоянства объема жидкости).

При налаживании и настройке прибора может понадобиться регулируемый дроссель 7, служащий также и для сглаживания толчков и резких колебаний перепада давления от измерительной диафрагмы. В качестве дросселя используется обыкновенный проходной краник.

Включение дифференциального манометра для измерения расхода воздуха производится параллельно автомату, но лучше иметь для этого отдельные отводы, чтобы на показаниях манометра не отражалась работа регулятора.

Для устойчивой работы регулятора дроссельную заслонку в воздухопроводе нужно ставить после диафрагмы и на достаточном удалении от нее, чтобы не искажать здесь воздушный поток.

Описанный регулятор очень прост и доступен для изготовления на любом заводе.

У нашего автомата камеры 5 и 9 имели диаметр 55 мм. Однако, чем больше диаметр камеры 9 в сравнении с камерой 5, тем выше чувствительность прибора. Рабочая разность уровней в нашем автомате могла меняться в пределах 35 мм вод. ст. Клапан 4 поплавка имеет коническую форму. Притирать его не нужно. Входное отверстие трубки 3, прикрываемое клапаном 4, имеет площадь

максимального раскрытия ~ 1,2 мм². Диаметр колокола 8 равен 150 мм, его рабочий ход 100 мм при высоте 350 мм. Диаметр дроссельной заслонки 195 мм при диаметре воздухопровода 200 мм.

Искусственное охлаждение футеровки и подогрев дутья. Для уменьшения разгара футеровки решено было снизить ее толщину в зоне плавильного пояса с 250 до 175 мм и одновременно ввести охлаждение воздухом дутья. Конструктивно эта мысль была осуществлена путем устройства второго внутреннего кожуха 2 (рис. 2).

В пространство 3 поступает воздух дутья из кольцевого ящика 1 через восемь окон, прорезанных по периметру в наружном кожухе. Пройдя это пространство сверху вниз, воздух направляется через специальные клапаны 6 и фурменный ящик 5. Так как ящик 5 разделен перегородками на 4 изолированных секции (по числу фурм), то при помощи включения и выключения клапанов 6 создается возможность для попеременной работы фурм.

При выполнении проекта реконструкции вагранки удалось, однако, снизить толщину футеровки в плавильном поясе лишь до 200 мм, так как из-за отсутствия прежнего сортамента кирпича диаметр шахты при перекладке был уменьшен до 550 мм. Тем не менее достигнут эффект подогрева дутья.

Таблица 3

Подогрев воздуха дутья на реконструированной вагранке

№	Температура воздуха, °С			Дутье, в м ³ /мин	Номер очередной колоши	Примечание
	у всасывающего патрубков вагранки	в фурменном ящике	при входе в дутье			
1	+4	+47	43	22	20	Замер перед ремонтом плавильного пояса 26/X 1945 г.
2	-3	+30	33	23	21	
3	-3	+46	49	23	31	После смены первого слоя кирпича 27/X 1945 г.
4	+8	+56	48	23	23	
5	-28	+43	71	10	23	Замер 29/X 1945 г. при разных режимах дутья
6	-28	+24	52	21	23	

Термометр подвергался обдуванию в струе воздуха из открытой фурменной гляделки.

Как видно из табл. 3, температура дутья заметно поднимается. Судя по этим данным следовало ожидать и известного повышения стойкости футеровки за счет интенсивного отнятия у нее тепла. Действительно, как показала практика, срок службы футеровки (первого ряда кирпичей), т. е. ее относительная стойкость, увеличился в 4—5 раз (с 7—10 дней до 1½—2 месяцев), несмотря на то, что ход печи был более горячим (в среднем на 100°), а длительность плавки возросла с 2—3 до 5—6 часов. Мы не рискуем заниматься здесь более точными подсчетами, так как помимо повышения температуры металла и продолжительности плавки сюда примешивается влияние еще ряда факторов: сохранения постоянства дутья вплоть до выбивки вагранки, применения различных по стойкости марок кирпича, увеличения количества известняка

¹ В пределах точности настройки регулятора.

в шихте вследствие использования кокса повышенной зольности и т. д.

Дополнительные фурмы. Нами были введены два ряда дополнительных фурм, по четыре в каждом ряду. В выборе всех сечений и расстояний мы руководствовались данными проф. Л. М. Мариенбаха.

Конструктивное оформление дополнительных фурм¹ показано на рис. 2. Для регулировки подачи воздуха внутрь каждой фурмы вставлены манжеты из крозельного железа. Перемещением их вдоль оси фурм достигается желаемое раскрытие отверстий 4, сообщающих фурмы с пространством между двумя кожухами.

Наблюдение за вагранкой показало, что при включении дополнительных фурм температура чугуна повышается на 20—30°.

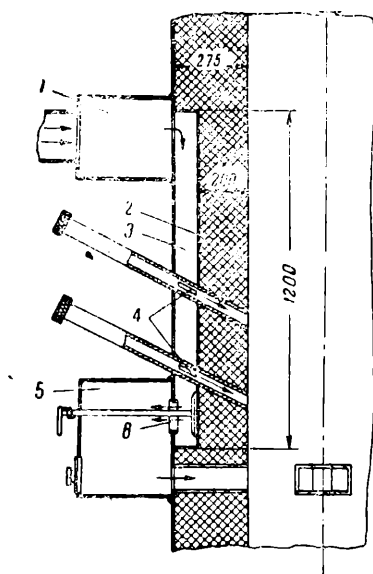


Рис. 2

Искусственное увлажнение дутья. В литературе встречаются указания (см., например, «Литейное дело», статья проф. Евангулова) о повышении температуры чугуна при искусственном увлажнении дутья на вагранке.

Для опытов мы смонтировали по оси воздухопровода форсунку, распылявшую воду сжатым воздухом. Общее количество распыливаемой воды изменялось от 1,5 до 3,0 см³ на 1 м³ дутья. Вода

частично оседала на стенках воздухопровода и, следовательно, истинное увлажнение было меньшим. При включенной форсунке температура металла была неизменно выше на 30—40° против обычного при прочих равных условиях. В поведении жидкого чугуна, а также в самих отливках аномалий не наблюдалось.

После нескольких месяцев работы искусственное увлажнение дутья было, однако, прекращено, так как чугун получался излишне горячим (отмечен случай повышения температуры чугуна до 1500°).

Попутно следует заметить, что увлажнение дутья путем распыления воды непосредственно в воздухопроводе рекомендовать нельзя, так как это связано с опасностью его преждевременного износа за счет коррозии стенок.

Заключение

После реконструкции ход печи сделался достаточно устойчивым, температура чугуна повысилась, держась, главным образом, около 1400°. Средний удельный расход топлива составлял 10—12%, несмотря на неудовлетворительное качество кокса — неоднородность и замусоренность (зольность кокса колебалась от 11—14 до 19%).

Более высокие показатели работы печи несомненно явились результатом ее реконструкции. Однако дать оценку относительной роли каждого отдельного элемента реконструкции (автоматического регулирования, подогрева дутья и др.) весьма затруднительно, ибо по производственным условиям не удалось изолировать и изучить влияние каждого фактора в отдельности.

Следует упомянуть, что введение автоматической регулировки оказалось полезным не только для нормализации процессов в самой вагранке. Создана возможность приспособлять производительность вагранки к работе формовочного зала и тем увеличивать пропускную способность цеха.

Любопытно отметить, что переход на различные режимы дутья в диапазоне 12—24 м³/мин (это соответствовало изменению производительности от 1,1 до 1,6 т/час) не имел заметных отрицательных последствий — чугун продолжал идти достаточно горячим. Возможно это связано с компенсирующим эффектом изменения температуры подогрева воздуха при различных режимах дутья — повышением температуры дутья при снижении расхода, и наоборот (см. табл. 3).

¹ На рис. 2 фурмы условно показаны в одной плоскости.

Модернизация продольно-строгального станка для скоростного фрезерования

Инж. А. А. Тарин

(Член Общества машиностроителей)

Важнейшим преимуществом нового вида фрезерования является резкое увеличение производительности. При этом к станку, естественно, предъявляются уже совершенно новые требования.

Приведем сравнительные характеристики процессов обычного и скоростного торцевого фрезерования углеродистой стали (табл. 1).

Таблица 1

	Обычное фрезерование	Скоростное фрезерование
Фрез, число зубцов	Торцевый, из быстрорежущей стали	Торцевый, с вставными ножами из твердого сплава
Передний угол режущих граней	Положительный $6^\circ \div 8^\circ$	Отрицательный 10°
Подача S_z на 1 зуб, мм	$0,01 \div 0,05$	$0,125 \div 0,250$
Скорость резания v , м/мин.	25—40	210—350
Глубина фрезерования t , мм	3—5	10—12
Мощность N при $t=10$ мм, $Z=6$ и $B=100$ мм. л. с.	5	40
Охлаждение при фрезеровании	Мыльный содовый раствор	Без охлаждения
Чистота поверхности	Заметны следы зубцов фрезы с бугорками	Чистая гладкая поверхность, близкая к шлифованной

Как видно, все основные факторы обычного фрезерования резко изменены при новом, скоростном процессе. Следовательно, принципиально должна измениться и конструкция станка.

Для работы в условиях цеха методом скоростного фрезерования модернизировали двухстоечный продольно-строгальный станок на продольно-фрезерный. С поперечной траверсы были сняты резцовые суппорты. Вместо них установлена мощная фрезерная головка, фрез которой приводится во вращение от мотора, укрепленного на одной плите вместе с головкой.

Для изменения чисел оборотов фрезы в головке установлены сменные шестерни А и В (рис. 1). Комбинируя ими, можно получить 8 различных скоростей шпинделя. Эти шестерни имеют числа зубцов: 18, 21, 25, 28, 31, 34, 38, 41.

Кинематическая настройка чисел оборотов шпинделя выражается следующим уравнением (см. кинематическую схему рис. 1):

$$n_{\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{20}{46}$$

Подставляя в него числовые значения для А и В, получим:

$$n_{\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{18}{41} \cdot \frac{20}{46} = 116 \text{ об/мин.}$$

$$n_{2\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{21}{38} \cdot \frac{20}{46} = 146 \text{ "}$$

$$n_{3\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{25}{34} \cdot \frac{20}{46} = 194 \text{ "}$$

$$n_{4\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{28}{31} \cdot \frac{20}{46} = 238 \text{ "}$$

$$n_{5\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{31}{26} \cdot \frac{20}{46} = 292 \text{ "}$$

$$n_{6\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{34}{25} \cdot \frac{20}{46} = 360 \text{ "}$$

$$n_{7\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{38}{21} \cdot \frac{20}{46} = 478 \text{ "}$$

$$n_{8\text{шп}} = 1500 \cdot \frac{19}{46} \cdot \frac{41}{18} \cdot \frac{20}{46} = 602 \text{ "}$$

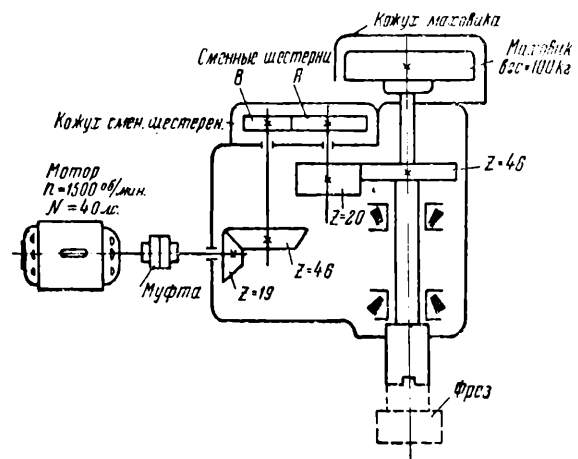


Рис. 1. Кинематическая схема фрезерной головки для скоростного фрезерования

Изменение (уменьшение) подачи продольного стола производится редуктором, который имеет восемь чисел скоростей и включен в кинематическую цепь движения стола.

До модернизации станка коробка подач для операции строжки имела четыре рабочих скорости стола $v = 130, 165, 200$ и 255 мм/сек и одну скорость холостого хода 350 мм/сек.

Новые величины подач движения стола через редуктор и старую коробку подач приведены в табл. 2.

Таблица 2

Число оборотов шпинделя в минуту, $n_{\text{шп}}$	602	478	360	292	238	191	146	115
Скорость перемещения стола v , мм/мин.	782	622	468	380	310	252	190	150
Скорость перемещения стола v , мм/сек.	13,0	10,4	7,8	6,3	5,2	4,2	3,2	2,5
Передаточное число редуктора, i	19,6	19,2	21,0	20,5	49,0	47,5	51,5	52,0

Выполнив первое требование, предъявленное к станку для скоростного фрезерования, — получение нужных чисел оборотов шпинделя и минутной подачи, — необходимо достичь и второго — достаточной абсолютной жесткости станка. Она обеспечена выбором модернизированного станка (рис. 2), у которого поперечная траверза 7 перемещается по четырем направлениям. Две из них 8 расположены на переднем плане и две 9 помещаются на задней стороне станка.

Широкая массивная станина 10 и большой рабочий стол 11 создают устойчивое положение закрепленной на столе детали.

Для такого массивного станка и была спроектирована жесткая и прочная фрезерная головка 3.

Для поглощения ударов и создания равномерной нагрузки на мотор установлен маховик на шпинделе весом 100 кг (рис. 1).

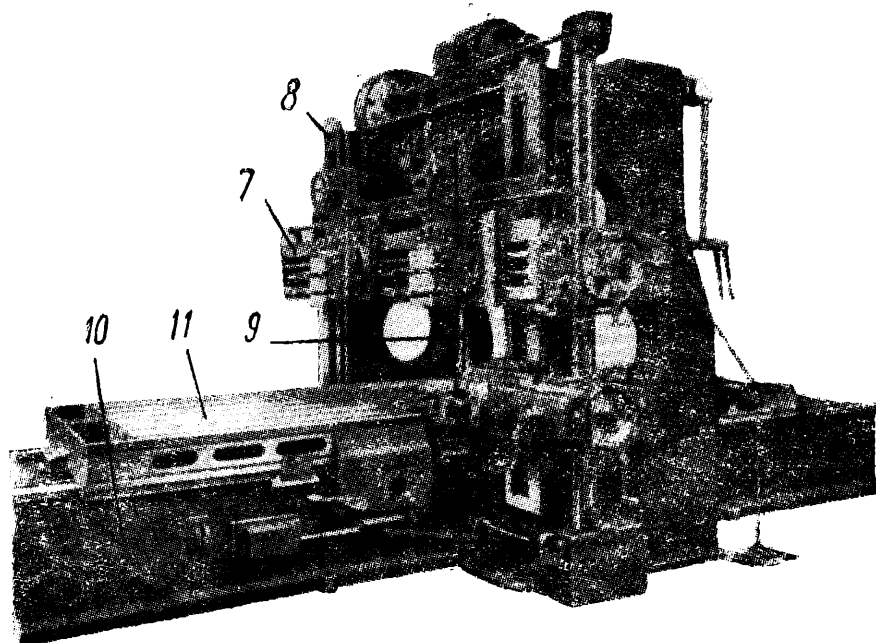


Рис. 2. Продольно-строгальный станок, выбранный для модернизации.

Техническая характеристика станка после модернизации следующая:

Число скоростей шпинделя — восемь — от 116 до 602 об/мин.
Число продольных подач стола — восемь — от 2,5 до 13,0 мм/сек.
Скорость холостого хода — $v_{xc} = 350$ мм/сек.
Мощность мотора шпинделя — $N = 30$ л. с.

Габариты рабочего стола: ширина — 1 600 мм.
длина — 3 200 мм.
Максимальная длина рабочего хода стола — 4 300 мм.
Максимальная высота детали над столом до фрезы — 1 450 мм.
Охлаждение при фрезеровании не применяется.
Равномерность хода шпинделя обеспечивается установкой маховика весом $Q = 100$ кг.

Измерение скорости рабочих органов кузнечных машин

Канд. техн. наук Л. А. Шофман

(Член Общества кузнецов и штамповщиков)

При исследовании различных процессовковки и штамповки, а также при наладке и испытании кузнечных машин часто встречается необходимость определить скорость движения рабочих органов этих машин. Зная скорость и вес падающих частей молота, можно определить энергию удара — основную характеристику, определяющую работу кузнечных молотов.

Определение энергии удара измерением деформации крешера (метод Гейма) представляет значительные неудобства, в особенности при автоматических ходах на быстроходных молотах (большой расход крешеров, неудобная закладка их на боек молота и т. п.), и не обеспечивает достаточной точности.

Известны различные приборы, которые произ-

водят запись кривой скорости или пути падающих частей молота или ползуна пресса. Запись осуществляется приспособлением, которое, принудительно перемещаясь от какого-либо движущегося органа молота или пресса, непосредственно наносит кривую пути на передвигающейся бумаге или же преобразует движение в изменение электрических величин (сила тока или напряжение), пропорциональное скорости или пути. Во втором случае изменение тока или напряжения при помощи гальванометра и оптической системы осциллографа фиксируется на передвигающейся светочувствительной бумаге в виде отдельных отметок или непрерывной кривой, которая в некотором масштабе представляет изменение скорости или пути.

Запись кривых пути и скорости движущихся частей кузнечных машин успешно разрешена разработанными ранее конструкциями механического и струнного электрического ходографа.

Относительная дороговизна и сложность аппаратуры для записи кривых скорости ограничивает возможность широкого применения ее в производственных условиях. Это обстоятельство привело к необходимости разработки более простого и удобного прибора для измерения скорости падающих частей молотов, непосредственно перед ударом.

Измерение скорости осуществляется преобразованием движения в кратковременный импульс электрического тока, длительность которого обратно пропорциональна скорости движения.

Измеритель скорости состоит из: а) преобразователя движения в импульс тока (механический датчик импульса), б) указательного электрического прибора и в) источника тока.

Метод измерения основан на известном баллистическом принципе, который заключается в том, что при заданной величине постоянного тока баллистический отброс стрелки гальванометра определяется длительностью импульса. Таким образом, если движущееся тело замкнет в некоторой точке своего пути цепь гальванометра, а в другой, достаточно близкой точке, ее выключит, то по величине отклонения стрелки гальванометра можно измерить промежуток времени, в течение которого движущееся тело проходит фиксированный отрезок пути, т. е. можно определить с достаточной точностью скорость движущегося тела на любом участке его пути.

В цепь источника тока B через постоянное омическое сопротивление C включен гальванометр G . Цепь проходит через контакт 2 механического датчика импульса, связанной с поворотным рычажком 4, и выключатель δ . Перед измерением оба контакта механического датчика 1 и 2 замкнуты (положение 1) и через гальванометр, зашунтированный контактом 1, течет паразитный ток небольшой величины. Неподвижные контакты 1 и 2 соединены внутри корпуса, а три выходящих провода соединены так, как показано на схеме (рис. 1).

Движущееся тело, встречая на своем пути рычажок 3, отбрасывает его, мгновенно разрывая шунтирующую цепь и включает гальванометр последовательно в цепь источника тока (положение 2). Пройдя расстояние h , движущееся тело откидывает рычажок 4 датчика, замыкает контакт 2 и разрывает электрическую цепь (положение 3). Величина баллистического отброса стрелки гальванометра пропорциональна длительности импульса тока, т. е. пропорциональна промежутку времени между размыканием контактов 1 и 2 датчика. После достижения стрелкой крайнего положения, она плавно возвращается обратно, что позволяет производить визуальный отсчет показаний. Перед следующим измерением поворачивают рычажки 3 и 4 в исходное положение.

Ток в цепи гальванометра при измерении скорости движения

$$I = \frac{E}{\Sigma R}.$$

где: ΣR — суммарное сопротивление цепи,

E — электродвижущая сила источника тока.

Величина баллистического отброса стрелки гальванометра под действием кратковременного импульса:

$$L = K \cdot I \cdot t = K \frac{E}{\Sigma R} \cdot t,$$

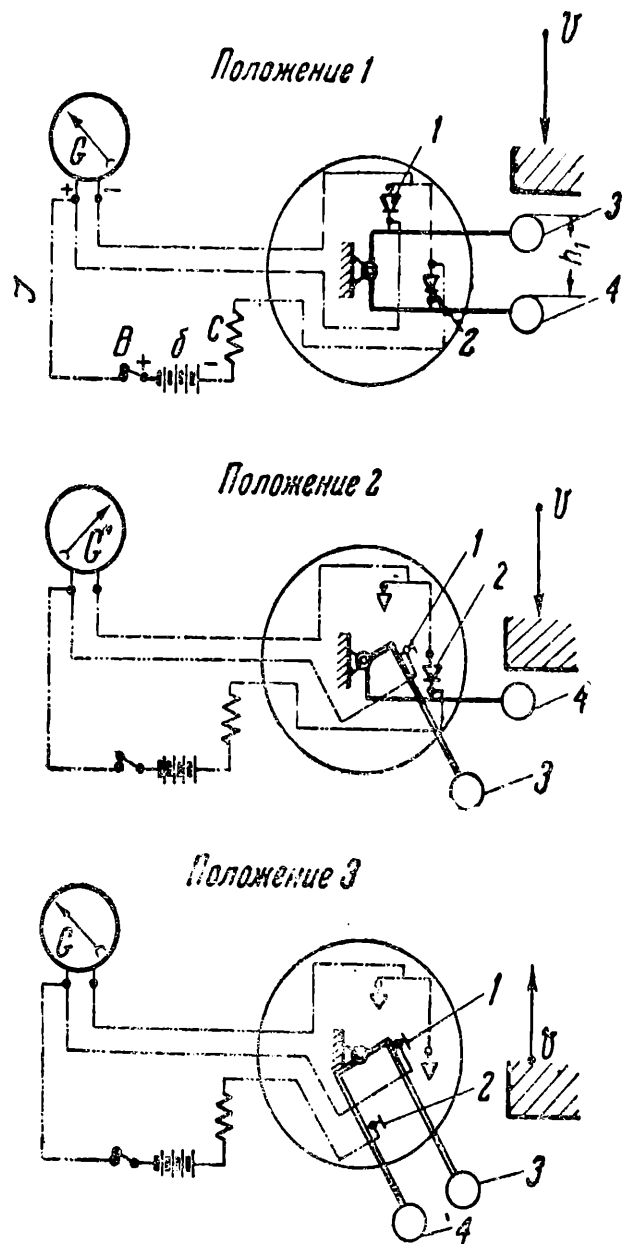


Рис. 1

где: K — константа гальванометра,

$t = \frac{h}{v}$ — промежуток времени между размыканием контактов датчика,

v — измеряемая средняя скорость движения на участке h .

Таким образом, зависимость между измеряемой скоростью и величиной баллистического отброса стрелки гальванометра выражается уравнением гиперболы:

$$v = \frac{KEh}{\Sigma RL} = \frac{a}{L},$$

где: a — константа, зависящая от постоянных параметров электрической схемы.

Для повышения точности визуального отсчета показаний следует подобрать такое напряжение источника тока (E), чтобы баллистический отброс стрелки (L) был бы достаточно большой (в пределах шкалы прибора). Для контроля напряжения источника тока перед измерением скорости можно использовать тот же гальванометр, который шунтируется дополнительным постоянным сопротивлением.

В качестве сопротивления цепи с могут быть использованы стабильные безиндукционные сопротивления (Т-О, С-С), магазин сопротивления и т. п. Оно подбирается в зависимости от напряжения источника тока и чувствительности гальванометра (в нашем случае от 5 000 до 10 000 ом).

В качестве указательного прибора использован милливольтметр производства Ленинградского института металлов, обладающий достаточной чувствительностью. Источником тока может служить аккумулятор, сухая батарея (например, БС-70) и т. п.

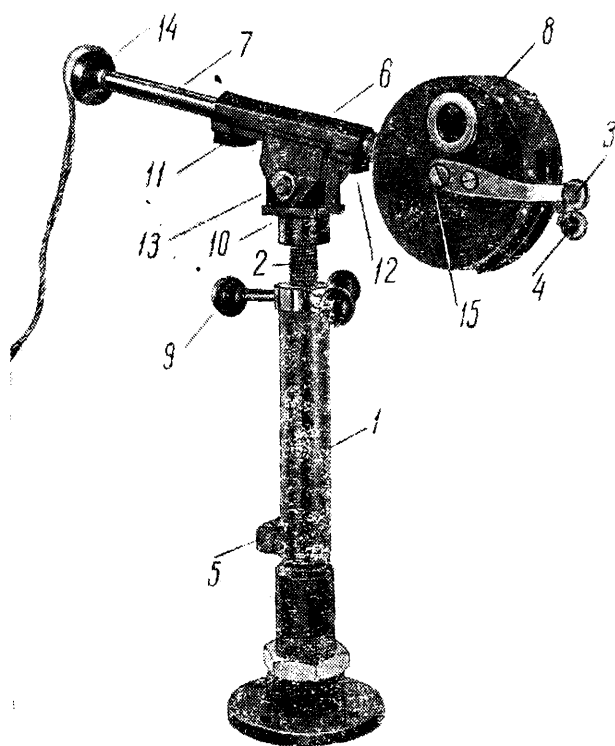


Рис. 2

Механический датчик (рис. 2) состоит из стойки 1, в которую входит регулировочный винт 2, несущий каретку 10. Подъем и опускание каретки осуществляется вращением штурвала 9. После установки каретки на требуемой высоте, регулировочный винт затягивается болтом 5.

В каретке 10 передвигаются салазки 6, закрепленные на трубке 7. На одном конце трубки 7 закреплен закрытый корпус прибора 8, внутри которого помещаются две пары контактов, последние связаны с двумя рычажками 3 и 4, расположен-

ными с двух сторон корпуса. Трубка вместе с корпусом имеет: а) поступательное движение при помощи салазок 6, которое ограничивается упорами 11 и 12, и б) поворотное движение вокруг валика 13 при нажмие рукой на концевую рукоятку 14.

Прибор устанавливается таким образом, что баба молота или ползун пресса встречает на своем пути сначала рычажок 3 и, поворачивая его вокруг оси 15, размыкает контакт, шунтирующий гальванометр, а затем, поворачивая рычажок 4, разрывает электрическую цепь (см. рис. 1). Рычажки 3 и 4 откидываются в нижнее положение под действием пружин, расположенных внутри корпуса. Эти же пружины обеспечивают надежный и постоянный прижим подвижного контакта к неподвижному. Чтобы произвести следующее измерение, необходимо повернуть рычажки в исходное положение.

Градуировка измерителя скорости имеет задачей определить зависимость между длительностью подаваемого импульса или скоростью движущегося тела и величиной отброса стрелки прибора при выбранных параметрах.

Для этой цели удобнее всего воспользоваться скоростью при свободном падении тела с различной высоты:

$$v = 2gh,$$

где h — высота падения.

Это можно осуществить при помощи примитивного приспособления, состоящего из канатика, подвешенного к потолку помещения и натянутого грузом, по канатику скользит металлическая болванка с отверстием. Отмечая отброс стрелки указательного прибора при свободном падении болванки с различной высоты, можно построить градуировочный график (рис. 3) и определить значение константы a .

Как показали испытания, разница показаний при повторных измерениях не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, что соответствует точности технических измерительных приборов. Периодически следует производить контрольную градуировку всей схемы в целом.

Для установки датчика у молота можно использовать доску или полосу, которая кладется одним концом на край станины молота, а другим — на какую-либо подставку таким образом, чтобы

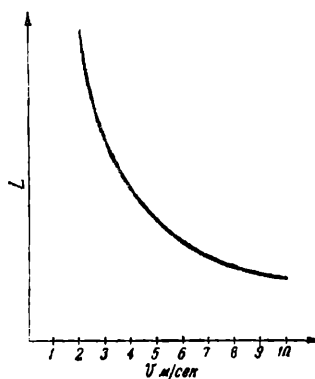


Рис. 3

верхняя плоскость была горизонтальна (рис. 4).

К стойке датчика для устойчивости прикрепляется деревянная доска. Бабу молота опускают до соприкосновения верхнего бойка с заготовкой, которую предполагают ковать при измерении скорости.

Поставив датчик на доску, придвигают его к бабе молота, нажимают на концевую рукоятку и вращением маховика регулируют высоту салазок таким образом, чтобы верхняя кромка нижнего рычажка датчика была, примерно, на 5 мм выше нижней плоскости бабы (см. верхнюю часть на рис. 4).

Датчик должен быть установлен на таком расстоянии от бабы, чтобы при выдвинутых вперед

до отказа салазках, рычажки находились под нижним краем бабы, но чтобы последняя не касалась корпуса прибора.

Отрегулировав положение датчика, отодвигают салазки назад до упора, снимают заготовку, собирают электрическую схему и приступают к измерению скорости при ковке нагретой заготовки.

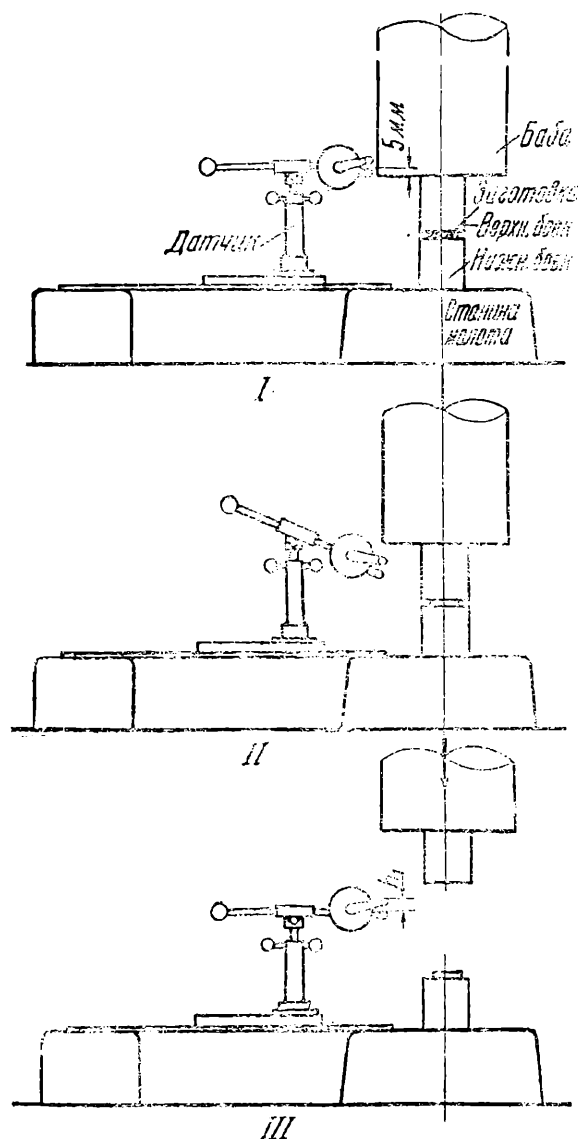


Рис. 4

Включив молот на полный удар, вдвигают салазки датчика вперед до упора (см. среднюю часть на рис. 4) и, в момент подъема бабы, быстро нажимают рукой на рукоятку и тем самым приводят молот в рабочее положение (см. нижнюю часть на рис. 4). При опускании баба приводит в действие датчик и в этот момент производится отсчет показаний прибора. Затем отводят салазки прибора назад до упора, поднимают рычажки в исходное положение; когда стрелка прибора придет в исходное

положение, можно повторить измерение. При измерении фиксируется средняя скорость на участке h_1 , который в изготовленном датчике принят равным 20 мм. Полученная при измерении величина от мгновенной скорости в момент удара отличается незначительно (1–2%).

На рис. 5 показана установка аппаратуры при испытании пневматического молота Беше.

Описанная аппаратура была испытана при измерении скорости в пределах 2 м/сек — 10 м/сек, что соответствует длительности импульса от 0,002 сек. до 0,01 сек. (при $h_1 = 20$ мм). Эта аппаратура может быть применена при испытании и наладке различных молотов, фрикционных прессов и других кузнечных машин.

Существенные преимущества переносного измерителя скорости по сравнению с другими приборами, применяемыми для этой цели: а) простота и дешевизна аппаратуры, б) быстрота и удобство

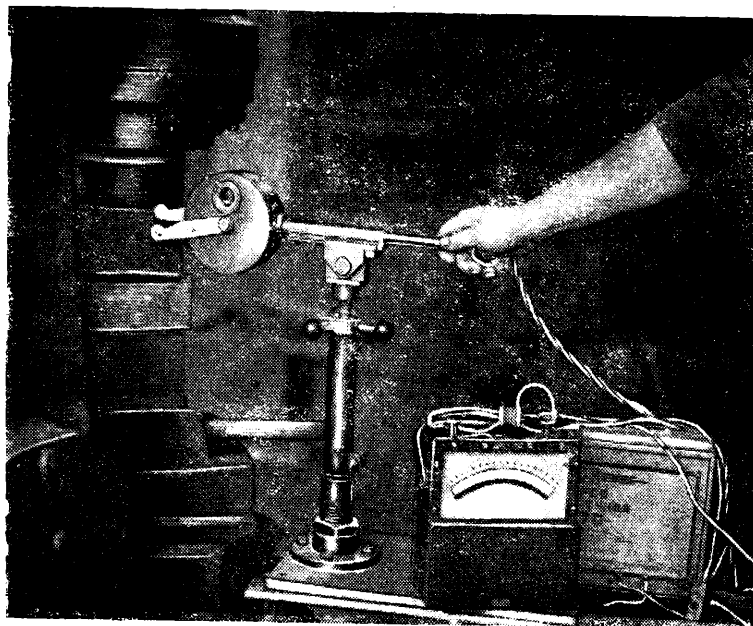


Рис. 5

измерения на любом молоте без прикрепления к нему каких-либо специальных приспособлений, в) результат измерения получается непосредственным отсчетом и не требует дополнительной обработки и г) стабильность и достаточная точность показаний.

Работа проведена в Кузнечной лаборатории ЦНИИТМАШ инж. Погильским, Токарским и техником Жилиной под руководством автора. Были использованы более ранние работы в этой области, проведенные А. И. Должанским и Л. М. Заксом, а затем продолженные Е. П. Унксовым.

Механический датчик изготовлен Лабораторией приборостроения ЦНИИТМАШ по чертежам Кузнечной лаборатории.

Л и т е р а т у р а

1. Должанский А. И., Закс Л. М. Метод измерения скорости движения падающих частей кузнечных молотов, журнал „ЦНИИТМАШ“, № 9, 1935.

2. Прибор для определения скорости движущихся тел, ЦНИИТМАШ, отчет по теме № 5085, 1938 (руководитель Унксов Е. П.)

3. J. Reich and H. Toomin, A Ballistic Meter for Mea-

suring Time and Speed, „The Review of Scientific Instruments, 1937, 8:502; 1941, 12, № 2, 96.

4. E. A. Speakman, Rev. Scient. Inst. 1931, 2, 297.

5. W. M. Roberts, Rev. Scient. Inst. 1931, 2, 519.

6. H. M. Purtridg'a, Electronics, 1932, 5, 262.

7. F. H. Shepard, Electronics, 1935, 8, 59.

8. A. W. Hull, Gener. Elec. Review, 1929, 32, 398.

9. M. Steenbeck, Archiv f. Electrotechnik, 1933, 26, 831.

Выбор рациональных методов водообработки и продувки для промышленных котельных установок низкого давления

Инж. М. С. Шкроб

(Председатель секции водоподготовки МОНИТОЭ)

Общеизвестно, что из-за неудовлетворительного водного режима котлов промышленные котельные установки терпят большой ущерб. Перерасход топлива, преждевременный износ котельного оборудования, аварии и простои в результате образования отдулин и свищей труб, излишний расход рабочей силы, металла и денежных средств на частые ремонт и чистку котлов от накипи, — все это является прямым следствием неудовлетворительного водного режима котлов.

В последние годы многие промышленные предприятия стали на путь упорядочения водного режима котельных установок низкого давления.

Однако у советских теплотехников и химиков наблюдается большая пестрота и разноречивость во взглядах на основные пути практического разрешения вопросов выбора надежных и экономичных методов водообработки и рационального водного режима котельных низкого давления.

Чтобы ликвидировать создавшуюся путаницу, члены секции водоподготовки Московского отделения Общества энергетиков И. М. Соколов, П. И. Лоцилин, И. Ф. Шапкин, С. И. Лазарев, Н. Г. Пацуков под руководством М. С. Шкроб, базировавшись на эксплуатационных данных, собранных секцией в 1938 — 1946 гг., разработали приводимые указания по выбору устройств докотловой и внутрикотловой обработки воды для промышленных котельных установок низкого давления.

Границы применения внутрикотловой обработки воды и выбор способов дозирования осадительных реагентов

Как известно, на современных тепловых электростанциях среднего давления водоочистительные установки в сочетании с дополнительной обработкой котловой воды фосфатами натрия обеспечивают работу мощных котлов без образования накипи. Однако подобные установки сложны, громоздки, дороги, для своего сооружения требуют большого количества металла и помещений значительной кубатуры. Все это, а также сравнительно сложное обслуживание и контроль работы затрудняют массовое применение водоумягчительных установок в мелких и средних котельных низкого давления.

Наибольшего внимания заслуживает внутрикотловая обработка воды по методу полного осаждения накипеобразователей. Для этого в котлы вводятся щелочные осадительные реагенты (едкий натрий, кальцинированная сода, тринатрий-фосфат и др.), применяемые самостоятельно или в смеси с добавкой органических коллоидов (дубовый экстракт, сульфит-целлулозные щелока, щелочные вытяжки

из бурых углей и торфа). Обслуживание сводится тогда к вводу осадительных веществ в котел, контролю внутрикотловых процессов и удалению образующегося в котле шлама.

Кроме того, внутрикотловая обработка может быть осуществлена вводом в котлы умягченной щелочной катионированной воды, содержащей NaHCO_3 и смешиваемой в определенной пропорции с сырой водой. Остающиеся в последней ионы Ca и Mg связывают ионы CO_3^{2-} и осаждаются в виде малорастворимых карбонатов. Частичное катионирование позволяет вместо щелочных осадительных реагентов обходиться поваренной солью для регенерации фильтров. Следует, однако, иметь в виду, что обслуживание катионитовой водоочистительной установки много сложнее, чем ввод в котлы осадительных реагентов, а капитальные затраты и эксплуатационные расходы значительно выше.

В результате длительных дискуссий о границах применения внутрикотловой обработки воды, секция водоподготовки МОНИТОЭ пришла к следующему выводу: этот метод применим для любых типов неэкранированных котлов низкого давления, работающих с давлением пара не выше 15 атм, с удельным паронапряжением поверхностей нагрева не более $30 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$ и при условии, что жесткость питательной воды не превосходит известных величин (табл. 1), а потребители пара не предъявляют высоких требований к его качеству.

Вопрос о внутрикотловой обработке воды в экранированных котлах низкого давления, а также в неэкранированных котлах среднего давления $p > 15 \text{ атм}$ остается пока открытым, так как имеющегося эксплуатационного опыта недостаточно для окончательных выводов.

При внутрикотловой обработке воды на котлах с пароперегревателями эти котлы должны быть, как правило, снабжены сепарирующими устройствами. Однако и при наличии таких устройств все же следует считаться с возможностью некоторого заноса трубок пароперегревателя солеотложениями и необходимостью периодического удаления последних с помощью водных промывок.

Шламовая продувка котлов приобретает особо важное значение при питании их сырой водой и внутрикотловой обработке воды осадительными реагентами, когда образуется значительное количество шлама. Его накопление может вызвать опасное загрязнение поверхностей нагрева. Это обстоятельство усложняет применение внутрикотловой обработки воды в крупных котлах ($H_k \geq 300 \text{ м}^2$), достаточно полное удаление шлама из которых представляет известные трудности и требует тщательной конструктивной проработки.

Для водотрубных котлов низкого давления, где по конструкции не предусматриваются грязевики или нижние барабаны, внутрикотловая обработка воды нецелесообразна в связи со значительными трудностями удаления шлама.

При превышении известного количества одновременно работающих котлов (табл. 1), с точки зрения удобства обслуживания, следует отдать предпочтение предварительному умягчению питательной воды, несмотря на возможность применения способа внутрикотловой обработки.

Ввод в котлы растворов щелочных осадительных реагентов и органических коллоидов можно осуществлять путем либо центральной, либо индивидуальной дозировки их.

Во избежание опасных шламоотложений на всем протяжении питательного тракта и в водяных экономайзерах внутрикотловая обработка воды по схеме центральной дозировки реагентов во всех питательных насосах допускается лишь в котельных без водяных экономайзеров. При этом общая жесткость питательной воды не должна превышать: 3°H — при питании котлов из артезианской скважины или питьевого водопровода и 1°H — при поверхностном источнике водоснабжения, поскольку органические вещества, имеющиеся в речных и прудовых водах, несколько тормозят выпадение накипеобразователей по тракту питательной воды.

При схеме индивидуальной дозировки раствор заливается из реагентного бачка в напорный дозатор и поступает в котел с питательной водой, либо подается в котлы с помощью специального электроплунжерного реагентного насоса.

Емкость напорных дозаторов, выполняемых обычно из отрезков цельнотянутых труб, составляет от 10 до 40 л, из расчета суточной потребности котельной в реагентах.

Внутрикотловая обработка воды по схеме индивидуального дозирования реагентов в барабан каждого котла или в питательный трубопровод непосредственно у места ввода его в барабан, применима в тех котельных, где количество одновременно работающих котлов, а также общая (H_0) и карбонатная (H_κ) жесткость питательной воды отвечают требованиям, приведенным в табл. 1.

Расчет дозировки щелочей следует производить по содержанию солей постоянной жесткости в питательной воде. При этом требуется обеспечить в котловой воде избыток щелочи, необходимый для предотвращения коррозионных процессов, и в то же время не вызывающей недопустимого уноса котловой воды с паром в результате вспенивания.

Суточный расход технического едкого натрия (G) на внутрикотловую обработку определяется по формуле (1):

$$G = \frac{14,3 [H_p (D_{\text{дв}} + D_{\text{пр}}) + A_{\text{кв}} \cdot D_{\text{пр}}] 24 \cdot 100}{m \cdot 1000} \text{ кг},$$

где:

$D_{\text{дв}}$ — количество добавочной сырой воды, возмещающей потери конденсата в цикле, т/час ;

$D_{\text{пр}}$ — продувка котлов, т/час ;

H_p — постоянная жесткость добавочной сырой воды, $^{\circ}\text{H}$;

$A_{\text{кв}}$ — щелочность продувочной воды, $^{\circ}\text{H}$;

m — содержание NaOH в техническом торговом каустике, %;

14,3 — эквивалент 100%-го едкого натрия 1 тонно-градусу жесткости.

Таблица 1

Границы применения схемы индивидуального дозирования осадительных реагентов

Тип котла	Предельное количество одновременно работающих котлов	Предельная жесткость питательной воды							
		экономайзер есть			экономайзера нет				
		удельное паронапряжение, $\text{кг/м}^2 \text{ час}$							
		20		30		20		30	
		H_o	H_k	H_o	H_k	H_o	H_k		
Водотрубные без грязевика и нижних барабанов:									
а) Шухов - Берлин	4	$\angle 1$	—	$\angle 1$	$\angle 1$	—	$\angle 1$		
б) Штейнмюллер и др.	4	$\angle 3$	—	$\angle 2$	$\angle 3$	—	$\angle 2$		
Водотрубные с нижними барабанами . . .	4	$\angle 15$	$\angle 8$	$\angle 10$	$\angle 8$	$\angle 15$	$\angle 10$		
Водотрубные с грязевиками	4	$\angle 20$	$\angle 8$	$\angle 20$	$\angle 8$	$\angle 20$	$\angle 15$		
Дымогарные (паровозные, локомобильные, судовые), работающие в стационарных условиях	4	$\angle 15$	$\angle 8$	$\angle 12$	$\angle 8$	$\angle 15$	$\angle 12$		
Жаротрубные ланкаширские, корнваллийские и т. п.	8	$\angle 60$	$\angle 8$	$\angle 30$	$\angle 8$	$\angle 60$	$\angle 30$		

В тех случаях, когда H_p столь велико, что количество углекислого натрия, образующееся при взаимодействии едкого натрия с солями карбонатной жесткости сырой добавочной воды, недостаточно для осаждения постоянной жесткости, часть едкого натрия заменяется кальцинированной содой (из расчета 1,3 г 100%-ной кальцинированной соды за 1 г 100%-го едкого натрия).

В эксплуатационных условиях рекомендуется, чтобы помимо едкого натрия и соды в каждом 1 м^3 добавочной сырой воды было растворено, примерно, 5—10 г тринатрий-фосфата. Продукты реакции фосфата-натра с накипеобразователями представляют собой высокодисперсный шлам, который создает многочисленные центры кристаллизации накипеобразователей из пересыщенных растворов, интенсифицирующие шламообразование и тем уменьшающие образование накипи на стенках котла.

Для предотвращения каустической межкристаллической хрупкости металла, улучшения антинакипного эффекта щелочных осадительных реагентов и обеспечения хорошей текучести образующегося шлама, в котлы добавляют, как указывалось, органические коллоидные вещества из расчета 5—7 г коллоида на 1 м^3 добавочной сырой воды.

Частичное катиснирование добавочной сырой воды может осуществляться путем:

а) непрерывной подачи в питательный бак сырой и катионированной воды в заданных соотношениях, определяемых соотношением карбонатной и некарбонатной жесткости исходной воды;

б) попеременной подачи в питательный бак, а из него в котлы, сырой и катиснированной воды.

Поток добавочной сырой воды, отделяемой на умягчение в катионитовых фильтрах, определяется по формуле:

$$X = \frac{(D + D_{пр}) K + (D_{дв} + D_{пр}) \cdot H_p}{H_0} \text{ м/час, } (2)$$

где:

D — суммарная паропроизводительность котельной, м/час;

$D_{пр}$ — продувка котлов, м/час;

K — щелочность питательной воды, необходимая для обеспечения нормы щелочности котловой воды, °Н;

$D_{дв}$ — количество добавочной воды без учета продувки, м/час;

H_p — постоянная жесткость добавочной сырой воды, °Н;

H_0 — общая жесткость добавочной сырой воды, °Н.

Щелочность питательной воды K , необходимая для обеспечения минимальной щелочности котловой воды, определяется по формуле:

$$K = A_{кв} \frac{p}{100 + p},$$

где:

p — продувка котлов в процентах от их производительности;

$A_{кв}$ — норма щелочности котловой воды, °Н.

Продувка котлов. При питании котлов низкого давления с добавкой сырой воды и применении внутрикотловой обработки осадительными реагентами величина продувки (которая обеспечила бы удаление шлама из котла и поддержание заданных норм солевого состава котловой воды) подсчитывается по солевому составу ($Cl + SO_3 + SiO_2$) (формула 3), а затем по шламу (формула 4). В условиях эксплуатации надо проводить продувку котлов, отвечающую наибольшему показателю:

$$p = \frac{\alpha \cdot a_{пв}}{A_{кв} - a_{пв}} \cdot 100 \text{ (по солевому составу), } (3)$$

$$p^1 = \frac{(17,87 \cdot H_{са} + 10,41 H_{мд}) \cdot 100}{A'_{кв} - (17,87 H_{са} + 10,41 H_{мд} + a_{взв})} \text{ (по шламу), } (4)$$

где:

p и p^1 — искомые величины продувки по солевому составу или шламу в процентах от производительности котла;

α — доля добавочной сырой воды от паропроизводительности котла;

$a_{пв}$ — содержание $Cl + SO_3 + SiO_2$ в добавочной сырой воде, мг/л;

$A_{кв}$ и $A'_{кв}$ — предельно-допускаемые концентрации $Cl + SO_3 + SiO_2$ и содержание шлама в продувочной воде, мг/л и г/м³;

17,87 и 10,41 — количество шлама в г/м³, выделяющегося внутри котла при осаждении 1 тонно-градуса кальциевой и магниевой жесткости, внесенного питательной водой;

$a_{взв}$ — количество взвешенных веществ в сырой добавочной воде, г/м³.

При отсутствии полного анализа сырой воды продувка котлов подсчитывается по сухому остатку.

Рекомендуемые секцией годоподготовки МОНИТОЭ расчетные нормы качества котловой воды, которыми следует пользоваться при подсчете продувки, приведены в табл. 2.

При предварительном умягчении добавочной воды разрешается приведенные в табл. 2 расчетные нормы качества котловой воды как по сухому остатку ($\Sigma Cl + SO_3 + SiO_2$), так и по щелочности, повысить на 25%.

Таблица 2

Расчетные нормы качества котловой воды для неэкранированных котлов $p \leq 15 \text{ атм}$

	Пароперегревателя нет		Пароперегреватель есть	
	Удельное паронапряжение, кг/м ² час			
	20	30	20	30
Водотрубные котлы без нижних барабанов и грязевиков (Шухов-Берлин, Штейнмюллер и т. п.):				
А. Сухой остаток, мг/л	3000	2500	2500	2000
Б. Cl+SO ₃ +SiO ₂ , мг/л	1800	1500	1500	1200
В. Щелочность, °Н	30—35	25—30	25—30	20—25
Г. Шламосодержание, мг/л	2500	2000	2000	1500
Водотрубные котлы с нижними барабанами:				
А. Сухой остаток, мг/л	5000	4000	4000	3500
Б. Cl+SO ₃ +SiO ₂ , мг/л	3000	2500	2500	2000
В. Щелочность, °Н	45—55	35—45	35—45	30—35
Г. Шламосодержание, мг/л	15000	12000	12000	10000
Водотрубные котлы с грязевиками:				
А. Сухой остаток, мг/л	6000	4500	4500	4000
Б. Cl+SO ₃ +SiO ₂ , мг/л	3600	2700	2700	2500
В. Щелочность, °Н	50—60	40—50	40—50	35—40
Г. Шламосодержание, мг/л	25000	20000	20000	15000
Дымогарные котлы (паровозные, локомотивные и пр.):				
А. Сухой остаток, мг/л	5000	4000	4000	3500
Б. Cl+SO ₃ +SiO ₂ , мг/л	3000	2500	2500	2000
В. Щелочность, °Н	50	40	40	35
Г. Шламосодержание, мг/л	6000	5000	5000	4000
Жаротрубные котлы (ланкаширские, корваллийские):				
А. Сухой остаток, мг/л	20000	16000	16000	12000
Б. Cl+SO ₃ +SiO ₂ , мг/л	12000	9000	9000	7000
В. Щелочность, °Н	80	70	70	60
Г. Шламосодержание, мг/л	8000	7000	7000	6000

Из табл. 2 видно, что величина шламосодержания продувочной воды, определяющая размер продувки по шламу, колеблется в очень широких пределах. Она в значительной степени зависит от типа котла и, в первую очередь, от наличия в нем грязевиков или нижних барабанов, в которых скапливается концентрированный шлам.

Продувку котлов низкого давления производят:

а) периодически из нижней зоны водяного объема котла для удаления осевшего в нем грубодисперсного шлама;

б) периодически или непрерывно из верхней зоны водяного объема котла для отвода в дренаж высокодисперсного шлама, накапливающегося вблизи зеркала испарения, с обязательной периодической нижней шламовой продувкой котла.

В котлах, не имеющих грязевиков или нижних барабанов, шламосодержание продувочной воды невелико (3 000—8 000 мг/л). Поэтому освободиться от шлама можно только при весьма большой потере котловой воды, тепла и реагентов.

Для котлов такого типа целесообразно непрерывное удаление шлама с помощью специальных устройств (шламоудалителей), включенных в контур с естественной или принудительной циркуляцией, где происходит сепарация шлама, периодически удаляемого наружу в виде сметанообразной консистенционной массы. Количество котловой воды, выдуваемой со шламом, снижается тогда до 0,5—1,0% от паропроизводительности котла. Это позволяет свести к минимуму потери тепла и реагентов с продувочной водой.

Необходимо, однако, иметь в виду, что метод термосифонного принудительного шламоудаления технически применим лишь в том случае, если рабочее давление пара не превышает 12 *атм*, а удельное напряжение водяного пространства котла по шламу

$$\sigma = \frac{D \cdot H_0}{v} < 3 \frac{\text{тонно-градусов}}{1 \text{ м}^3 \text{ водяного объема}},$$

где

D — паропроизводительность котла;

H_0 — общая жесткость питательной воды, в °Н;

v — водяной объем котла, м^3 .

Установлено, что достаточно крупные частички шлама могут быть вынесены из котла при скорости циркуляции в контуре термосифона 200—1 000 *м/час*. При этом, чем выше σ , тем больше должна быть скорость циркуляции.

Эффектность принудительного шламоудаления характеризуется, в основном, числом, показывающим, какая часть вводимого в котел с питательной водой и образовавшегося в нем шлама отводится устройством при установившемся состоянии его работы. Отсюда следует, что высокие к. п. д. сепараторов шлама, которые часто упоминаются в печати, не могут явиться единственным критерием для оценки полезности работы всей схемы термосифонного шламоудаления.

Опыт эксплуатации показывает, что забор всего шлама из крупных котлов с поверхностью нагрева $H_k > 300 \text{ м}^2$ представляет значительные трудности.

Кроме того, с точки зрения экономики нецелесообразно применять устройства для принудительного шламоудаления, усложняющие эксплуатацию котла в тех случаях, когда:

а) величина продувки котла, подсчитанная по соледержанию, превышает потребную шламовую продувку;

б) расчетная величина продувки котла по шламу меньше 3—5%.

Если учесть перечисленные ограничения, базирующиеся на технико-экономических соображениях, то становится очевидным, что область применения принудительного и, в особенности, термосифонного шламоудаления в промышленных котельных установках весьма ограничена и далеко не оправдывает того чрезмерного увлечения термосифонами, которое за последние годы наблюдается у некоторых наших теплотехников.

В большинстве случаев представляется возможным удалить из котлов, оборудованных грязевиками или шламосборниками, концентрированный шлам с помощью обычной периодической продувки, не превышающей 3—5%.

Докотловая обработка воды

В тех случаях, когда внутрикотловую обработку воды осадительными реагентами нерационально применять в котельных низкого давления, рекомендуется предварительное химическое умягчение добавочной сырой воды:

а) при исходной речной воде, в зависимости от соотношения величины карбонатной и некарбонатной жесткости воды, — по схемам известково-содовой или едконатрово-содовой, с подогревом до 80°C и фильтрацией через древесно-шерстные фильтры;

б) при исходной артезианской или водопроводной воде — по схеме чистого катионирования.

При проектировании известково-содовой и едконатрово-содовой установок следует отстойники выбирать по каталогу завода «Комега» или по чертежам Центроэнергомонтажа с дополнительным изменением конструкции центральной трубы и установкой поперечной дырчатой перегородки.

Объем отстойника выбирается равным 1,5—2,0-часовой производительности водоочистки, при условии температурного режима = 80°C. Скорость подъема воды в отстойнике не выше 4 *м/час*.

Кратность объема сатуратора по отношению к потребному часовому количеству насыщенного известкового раствора, в случае дозировки извести в количестве, эквивалентном 20°Н, принимается равной 6. При более высоких дозировках кратность повышается до 8. Скорость подъема воды в сатураторе — не выше 1 *м/час*.

Применяются дозаторы-вытеснители и дозаторы-сифоны, причем для дозировки раствора сернокислого железа служат дозаторы с защитными кислотоупорными покрытиями.

При проектировании N_a -катионитовых установок должно быть:

а) не менее 2 катионитовых фильтров;

б) максимальная скорость фильтрации в межрегенерационный период равна 15 *м/час*;

в) нормальное число регенераций каждого фильтра не более 2 в сутки. Интенсивность взрыхления 5 *л/сек/м*² для глауконита и 3 *л/сек/м*² для сульфированного угля. Длительность взрыхления нормально 10 мин., периодически, в случае необходимости, 20 мин.

Для обеспечения этих условий промывочный бак должен быть рассчитан на 20-минутную промывку. Расчетная длительность регенерации — 1,5 час. Длительность отмывки — 1 час. Скорость пропуска воды через фильтр в период отмывки — 5 *м/час*. Для подсчета насосов и диаметров труб следует принимать максимальную скорость отмывки до 10 *м/час*. Расчетный расход отмывочной воды — 3,5 м^3 на 1 м^3 катионитового материала. Высота размещения промывочного бака — 8 м над уровнем помещения катионитовых фильтров.

Расчетная емкость поглощения глауконита Егорьевских месторождений — 250 тонно-градусов м^3 , а сульфированного угля 600 тонно-градусов/ м^3 .

Расчетный коэффициент умягчения отмывочной воды — 0,5.

В заключение необходимо отметить, что разработанные секцией водоподготовки МОНИТОЭ руководящие указания по выбору рациональных методов водообработки и продувки для промышленных котельных установок низкого давления являются первой попыткой в этой области. Естественно, что эти указания могут рассматриваться лишь как временные и ориентировочные.

В дальнейшем, по мере накопления эксплуатационного опыта и экспериментальных данных в области докотловой и внутрикотловой обработки воды, разработки и освоения новых типов компактной водночистительной аппаратуры, усовершенствования упрощенных способов термической и химической деаэрации питательной воды, продувочных и сепарирующих устройств в котельных низкого давления, секция водоподготовки МОНИТОЭ намерена подвергать предложенные нормативы систематическому пересмотру и усовершенствованию.

Новое в проектировании литейных цехов

(О б з о р)

Инж. С. А. Ша миргон

(Член Общества литейщиков)

Развитие литейной промышленности в четвертой пятилетке ставит большие задачи в области механизации трудоемких процессов. Механизация должна распространяться как на массовое, так и на серийное и индивидуальное производства.

В этом отношении известный интерес представляет ряд работ, опубликованных в последнее время в США. Основной смысл их сводится к изысканию возможностей использования элементов механизации и непрерывного потока, которые применялись при массовом выпуске военной продукции в условиях мелкосерийного и даже индивидуального производства.

Остается непреложным тот факт, что для изготовления 1 т отливки каждой литейной приходится транспортировать и оборачивать много тонн различных основных и вспомогательных материалов. Эти расходы отражаются на себестоимости литья. Наибольшее место занимает транспортирование формовочных материалов, расход которых на каждую тонну выпускаемого литья составляет обычно от 4 до 6 м³. Не говоря уже о том, что до момента своего поступления в форму формовочная земля проходит несколько стадий подготовки и переработки, известный процент той же земли после получения отливки выходит в отвал. Это тоже требует соответствующих транспортных расходов. Известно, что в литейных цехах некоторые транспортные операции часто можно рассматривать как технологические. Например, транспорт форм после их заливки на выбивку может одновременно считаться и операцией остывания отливок, а транспорт формовочной земли после выбивки — операцией доведения ее температуры до состояния возможной повторной технологической переработки и т. д.

При острой нужде в рабочей силе механизация транспортных операций в литейных цехах приобретает сейчас особо важное значение. Наряду со значительным облегчением труда при механизации организуется весь ход технологического процесса, а также создаются наиболее благоприятные условия, например, для улучшения переработки и смещения составляющих формовочной земли, что, в свою очередь, положительно сказывается на качестве выпускаемого литья.

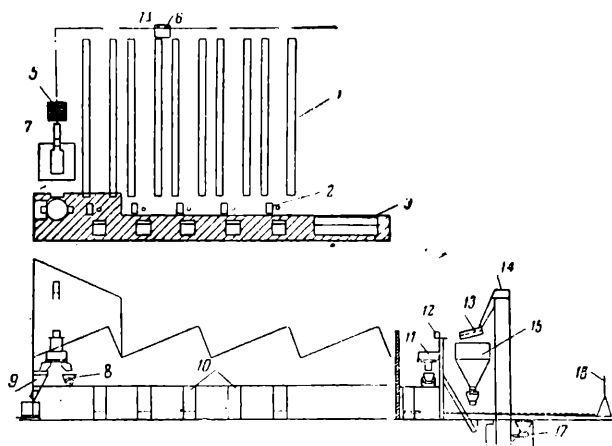


Рис. 1. Вариант механизации небольшой литейной, удовлетворяющий как индивидуальному выпуску литья, так и выпуску крупными сериями:

1 — рольганговые конвейеры; 2 — формовочные места станочников; 3 — формовка на верстаке; 4 — формовка на плацу; 5 — выбивная решетка; 6 — короб для транспорта на выбивку; 7 — площадка установки плавильных печей; 8 — багья, транспортирующая землю; 9 — бункер земли для формовки на плацу; 10 — пять бункеров с лопаточным забором земли; 11 — смеситель; 12 — загрузочная багья; 13 — вибрационное сито; 14 — ковшовой элеватор; 15 — бункер емкостью 15 т; 16 — монорельсовый путь; 17 — вибрационный питатель

В свете изложенного некоторый ответ на поставленные вопросы дает I. B. Lamezo в своих статьях «Литейные будущего» („The Foundry“ ноябрь и декабрь 1945 г.).

Ценность примеров, приведенных автором, заключается в том, что предложенная механизация процессов транспорта земли и форм оказывается вполне приемлемой именно для литейных мелкосерийного и индивидуального производства. Этим, собственно, и опровергается взгляд, считающий механизацию данных процессов целесообразной лишь в условиях массового и крупносерийного производства. Так, схема, относящаяся к литейной небольшого выпуска (рис. 1), характеризуется следующими основными элементами механизации:

1) передел формовочной земли централизован и она передается на формовку при помощи специального кубеля, передвигающегося по линии, расположенной над бункерами, питающими рабочие места;

2) конструкция бункеров предусматривает забор земли лопатами, без применения специальных затворов, как это обычно делается при питании формовочных станков, устанавливаемых над бункерами;

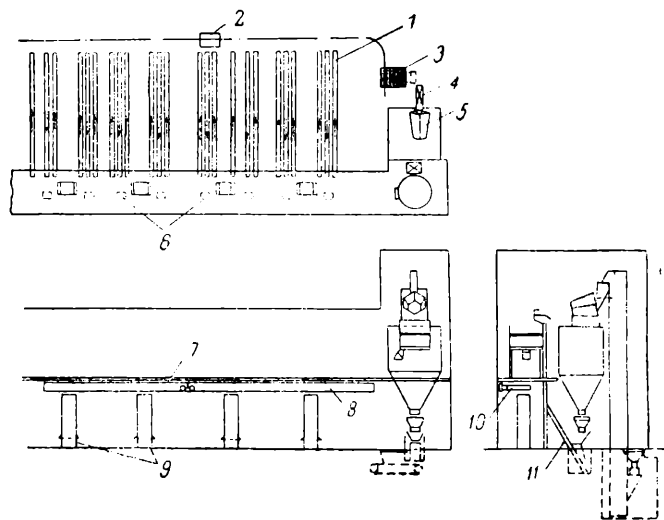


Рис. 2. Вариант механизации ремонтно-литейной цветных металлов (земледельная система обслуживает восемь рабочих мест):

1 — рольганговые конвейеры; 2 — короб для транспорта на выбивку; 3 — выбивная решетка; 4 — элеватор; 5 — сито; 6 — формовочные агрегаты; 7 — путь для транспорта формовочной земли; 8 — подкрановый путь; 9 — лопаточные бункеры; 10 — кран; 11 — 50-тонный бункер; 12 — скиповый подъемник

3) площадью для установки форм служат рольганги, являющиеся, по выражению автора, аккумулярующим складом;

4) в торце рольгангов проходит монорельс, по которому передвигается специальное устройство в виде подхвата, транспортирующее залитые формы к выбивной решетке;

5) земледельная система рассчитана на переработку 5 т земли в час и обслуживает не только пять рабочих мест, обозначенных на схеме, но и участок формовки на плацу.

На рис. 2 представлена схема механизации литейной, производящей индивидуальные отливки из цветных металлов.

Система передела земли, рассчитанная на переработку 10 т в час, при бункере хранения емкостью 50 т, обслуживает восемь формовочных мест. В данном случае, как и в предыдущем, используются раздаточные бункеры с забором земли лопатами. Такие бункеры, равно как и транспортирование земли посредством кубеля по монорельсу, по заверению автора, наиболее целесообразны при существующей недостаточной вы-

соте здания до затяжки ферм. Здесь оказалась достаточной высота 3,7 м вместо 5,3 м — минимальных при транспортировании земли посредством ленты и элеватора.

Данная литейная также оборудована краном. Интересно то, что кран может работать независимо от действия земледельной системы (рис. 3), обслуживая соответственно вполне достаточную площадь.

Заслуживает внимания также то, что (как и в случае схемы рис. 1) на операциях переработки и доставки земли к местам формовки занят всего один рабочий.

На рис. 4 представлена схема механизации литейной бронзового литья, оборудованной земледельной системой на десять рабочих мест. Установка включает бункер горелой земли емкостью 40 т, рассчитанной на полную суточную потребность. Из бункера земля порциями по 700 кг выдается автоматически

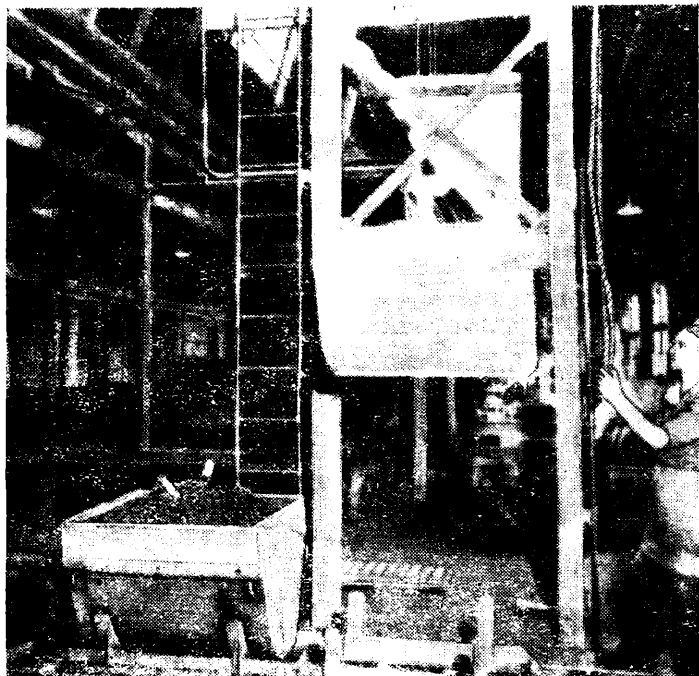


Рис. 3. Установка для транспорта земли посредством специального короба; оказывается более предпочтительной для небольших литейных цехов. Работа установки контролируется пятью кнопками, связанными с подъемным механизмом

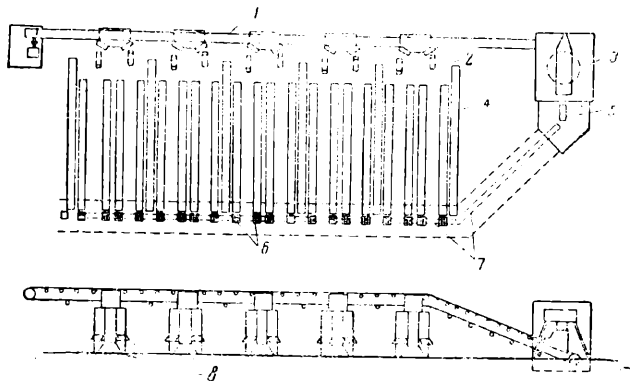


Рис. 4. Механизированная земледельная установка для небольшой бронзолитейной, обслуживающая 10 формовочных мест:

1 — конвейер, доставляющий формовочную землю; 2 — формовочные места; 3 — сито, бункер и смеситель; 4 — конвейерные рольганговые линии; 5 — элеватор; 6 — выбивные решетки; 7 — ленточные транспортеры, доставляющие выбитую землю к агрегатам переработки земли; 8 — бункер с лопаточным забором земли.

в бадьи и доставляется ими к миксеру для последующей переработки.

Отличительной чертой данной схемы является установка выбивных решеток в торце каждого рольганга. Подобная система имеет, однако, ряд недостатков. Наиболее существенные из них — удлинение пути передачи отливок на очистку и зна-

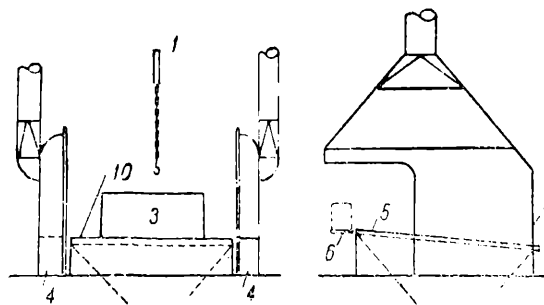


Рис. 5. Схема установок для централизованной выбивки (выбивные устройства по возможности должны располагаться над выбивной решеткой, как это проставлено справа):

1 — подъемник; 2 — выбивное устройство; 3 — опока; 4 — боковые вытяжные устройства; 5 — выбивная решетка; 6 — формовочный конвейер; 7 — проем для удаления отливки

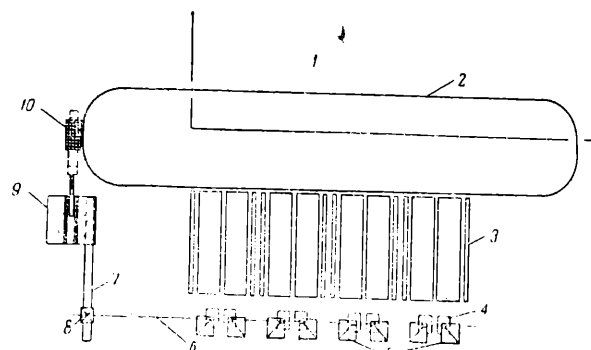


Рис. 6. Вариант механизации, специально разработанный для литейной небольшого топшаж, но со значительным оборотом форм мелкого развеса отливок:

1 — площадка установки плавильных печей; 2 — подвесной формовочный конвейер; 3 — рольганговые конвейеры; 4 — формовочные места; 5 — раздаточные бункеры для земли; 6 — монорельсовый путь для доставки земли бадьей; 7 — рольганговый конвейер; 8 — подъемник для бадьи; 9 — бункер для земли и оборудование для ее передела; 10 — выбивная решетка

чительное усложнение системы отсоса пыли от точек выбивки. По совершенно справедливому мнению автора, отсосные устройства должны располагаться возможно близко к выбивным решеткам (рис. 5, вариант I и II). Это, однако, оказывается чрезвычайно сложным в условиях схемы рис. 4. Транспорт горелой земли из-под выбивных решеток и готовой земли к точкам ее потребления осуществляется в данном случае, как это видно из схемы, лентами непрерывного действия.

Более совершенная схема механизации, представленная на рис. 6. По мнению автора, такая схема наиболее удачно удовлетворяет потребности литейной, с незначительным выпуском по топшажу, но при большом обороте форм, иначе говоря, при крупносерийном выпуске и мелком развесе отливок.

Отличительной чертой данной схемы является использование подвесного конвейера, расположенного вдоль конечных решеток рольгангов. Конструкция конвейера предусматривает подвесные этажерки, на которые устанавливаются собранные формы, направляемые последовательно в зону заливки металла и затем (после соответствующего остывания) — на участок выбивки. Площадь полки каждой этажерки рассчитана таким образом, что на нее могут устанавливаться по несколько небольших форм. Для облегчения передачи форм с рольганга на полку этажерки, последняя оборудована роликами.

В данном случае принято ручное передвижение нагруженных этажерок, что, однако, не является единственным способом транспортирования форм. Предполагается электрификация передвижения этажерок, как более целесообразная при росте серийного выпуска продукции. Следует отметить еще одну особенность данной конвейерной системы, допускающей проведение особого цикла заливки отдельных групп форм, требующих специального анализа металла. В этом случае может быть даже устроен в определенном месте стрелочный перевод и отрезок дополнительного пути, на котором в ожидании готовности металла концентрируются этажерки с готовыми формами. Представленная система допускает полное

выделение участков заливки и выбивки от всех прочих зон цеха, что является бесспорным ее преимуществом.

На рис. 7 показана схема механизации, включающая установку двух формовочных конвейеров замкнутого типа периодического действия. Основное отличие данного типа конвейера от обычно принятых заключается в том, что замкнутое кольцо каждого конвейера состоит из четырех отдельных, не связанных между собой, групп тележек (электропоездов). Каждое конвейерное кольцо рассчитано на обслуживание 16

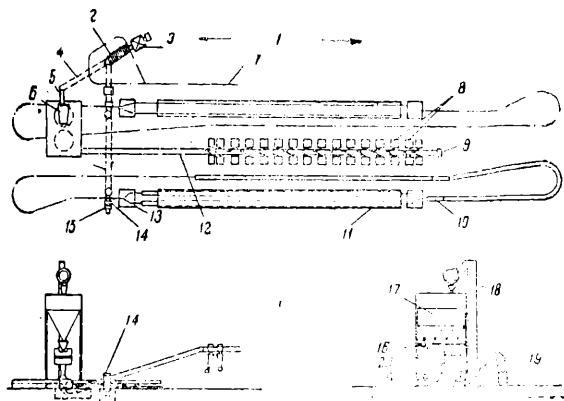


Рис. 7. Система механизации, предусматривающая установку двух формовочных конвейеров прерывистого движения (каждый конвейер включает 4 электропоезда, обслуживающих 16 формовочных мест):

1 — площадка установки 14 формовочных верстаков; 2 — выбивная решетка; 3 — выбивная решетка для форм, изготовленных на верстаках; 4 — конвейер для выбитой земли; 5 — элеватор; 6 — сито; 7 — конвейер для выбитого литья; 8 — раздаточные бункеры; 9 — зона заливки; 10 — конвейер с электровагонетками; 11 — охлаждающий тоннель; 12 — раздаточная лента готовой земли; 13 — переводная стрелка; 14 — спусковой желоб для выбитых форм; 15 — решетка для свежего песка; 16 — передвижной дозатор; 17 — бункер емкостью 200 т; 18 — элеватор; 19 — выбивная решетка; 20 — миксер

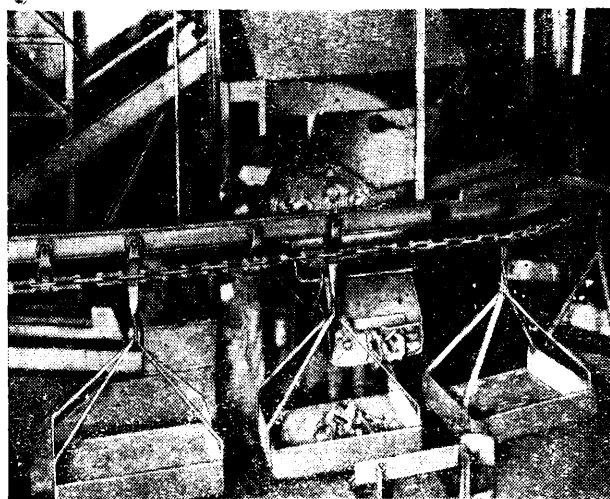


Рис. 8. Отливки транспортируются с участка выбивки в очистное отделение специальным конвейером. Весь путь литье проходит за 40 мин., в течение которых оно в достаточной мере остывает.

формовочных мест. Заливочная ветвь расположена между одноименными зонами обоих конвейеров. Заливка и выбивка металла осуществляются замкнутым циклом по каждой группе тележек, объединяющих отдельный электропоезд. После заливки, с форм снимают грузы, которые предварительно укладываются на специальную подставку, откуда затем берутся для укладки на формы следующего поезда.

Затем формы пропускаются через специальный охлаждающий тоннель и сбрасываются вручную на фартушный конвейер, транспортирующий их к центральной выбивной станции. Здесь в процессе выбивки производится перегрузка от-

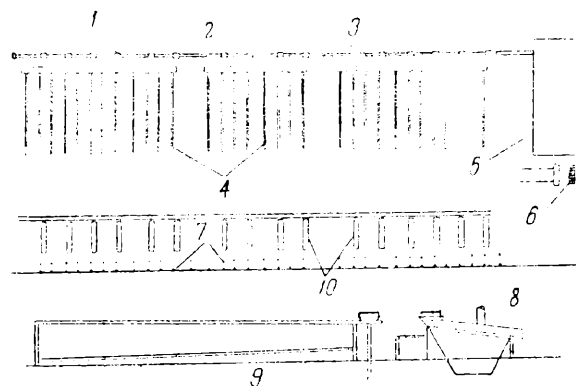


Рис. 9. Схема системы механизации, отличающаяся применением специальных тележек для установки форм (тележки с формами передаются к участку заливки по наклонным рельсовым путям под действием силы тяжести; внизу представлена схема, относящаяся к участку выбивки):

1 — бункеры для земли; 2 — решетчатый конвейер; 3 — тележки для форм; 4 — рельсовые пути для тележек; 5 — агрегаты для переработки земли с бункером емкостью 80 т; 6 — выбивная решетка; 7 — рельсовые пути; 8 — вытяжная труба; 9 — путь передачи форм на выбивку; 10 — бункеры для формовочной земли

ливков в короба цепного охлаждающего конвейера (рис. 8). Выбитая же земля поступает посредством ленты и элеватора в соответствующие агрегаты для передела и затем вновь подается ленточным транспортером к раздаточным бункерам.

Все отдельные группы электропоездов работают по 6-минутному циклу, но в зависимости от заданных условий время на цикл может быть изменено.

Потребность в жидком металле при полной загрузке всех 32 рабочих мест конвейеров достигает почти 35 т в смену. Независимо на мелкосерийный характер производства и необходимость в частой смене плит для облегчения этой смены, значительная часть плит выделена по типу безопасных, а остальные — в виде отдельных моделей, рассчитанных на применение наборных подмоделей плит.

В соответствии с характером литья, около 75% которого требует установки стержней, каждый формовщик выполняет в смену в среднем около 225 форм. Настоящий тип конвейера следует считать менее оперативным, чем систему рольгангов, которая допускает не только большую гибкость в регулировании времени на остывание литья, разнообразного по

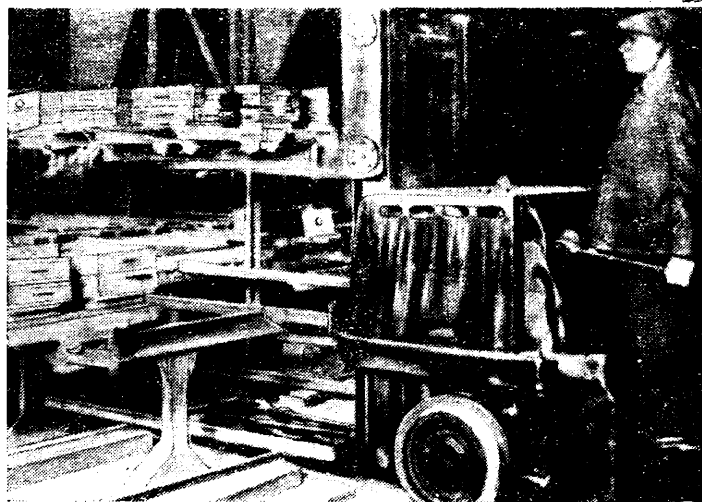


Рис. 10. Электрокара с подъемным механизмом, транспортирующая заливочные формы к выбивным устройствам и возвращающая освобожденные опоки и подопочные плиты к формовочным местам.

своему характеру и сечениям, но значительно лучше удовлетворяет всем прочим условиям работы небольших литейных индивидуальных и даже серийного производства.

Мощность данной литейной, исходя из общей потребности в жидком металле, составляет около 180 т в одну 9-ча-

совую смену. При этом механизированы не только две выше-описанные конвейерные линии, но и дополнительно 14 мест, расположенных рядом.

Заслуживает также внимания система механизации, относящаяся к бронзолитейному цеху (рис. 9). Система эта — необычна и характеризуется тем, что вместо конвейера или рольгангов применены тележки, передвигающиеся по специально выделенным для каждой из них рельсовым путям — нижнему и верхнему. Каждое рабочее место формовщика обслуживается своей тележкой. Тележки передвигаются по

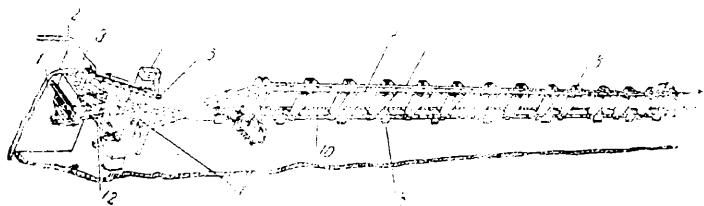


Рис. 11

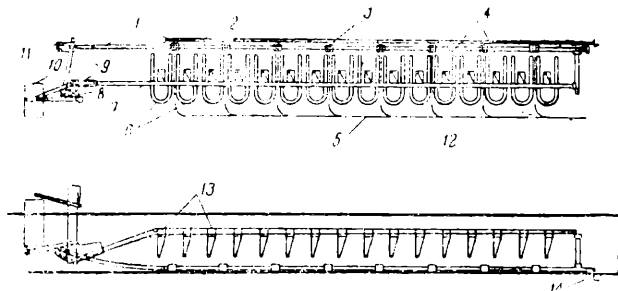


Рис. 12

Рис. 11, 12 и 13. На этих рисунках представлен вариант механизированной системы, обслуживающей 16 формовочных мест. Он отличается большой компактностью установки с применением подковообразной формы рольгангов, благодаря чему удалось разместиться на весьма ограниченной площади, в пролете шириной лишь около 16 м. (К рис. 11): 1 — ленточный питатель; 2 — бункер для готовой земли; 3 — вибрационное сито; 4 — элеватор; 5 — ленточный транспортер к бункеру готовой земли; 6 — раздаточный ленточный транспортер; 7 — конвейер для выбитых отливок; 8 — бункеры для земли над формовочными станками; 9 — выбивные решетки с бункерами; 10 — ленточный транспортер для выбитой земли; 11 — аэратор; 12 — передаточный поперечный ленточный транспортер. (К рис. 12): 1 — транспортер выбитой земли; 2 — конвейер для выбитых отливок; 3 — выбивные решетки; 4 — формовочные места; 5 — заливочный монорельс; 6 — подковообразные рольганги; 7 — раздаточная лента готовой земли; 8 — элеватор; 9 — аэратор; 10 — бункер для земли; 11 — сито; 12 — площадь установки плавильных печей; 13 — бункеры готовой земли; 14 — спускной жолоб для отливок



Рис. 13



Рис. 14

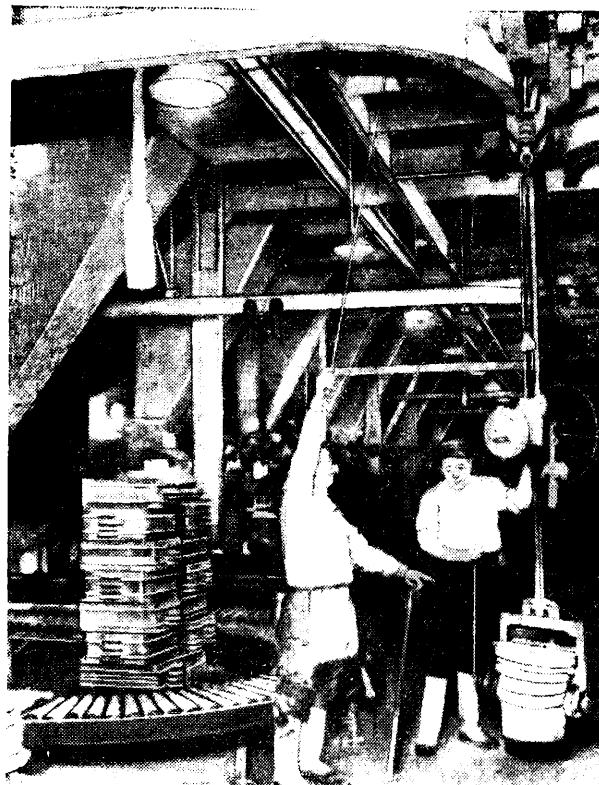


Рис. 14 и 15. На фото показан метод передачи на заливку жидкого металла до и после механизации. Там, где до механизации требовалось 3 рабочих, оказалось вполне достаточным 2 человека

несколько наклонному пути, за счет силы тяжести формы. При этом готовая собранная форма направляется на заливку по верхнему пути, а опоки и подопочные доски возвращаются по нижнему. Передача залитых форм на выбивной участок, равно как и возврат пустых опок и подопочных досок с участка выбивки, производится электрокарой с подъемной вилкой (рис. 10). Эти одновременно подъемный механизм электрокары захватывает по три тележки с формами.

Участок выбивки (нижняя часть схемы рис. 9) также имеет систему рельсового транспорта.

Примером того, как принятую систему механизации можно использовать

помещении ограниченного размера, служит литейная, представленная на рис. 11, 12 и 13.

Система (рис. 11 и 12) запроектирована для обслуживания 16 формовочных мест. Ввиду ограниченности ширины пролета (16 м) для обслуживания каждого рабочего места были



Рис. 16. Движения формовщиков для установки форм максимально сокращены, так как конвейер расположен всего на расстоянии 1 м от позиции сборки формы

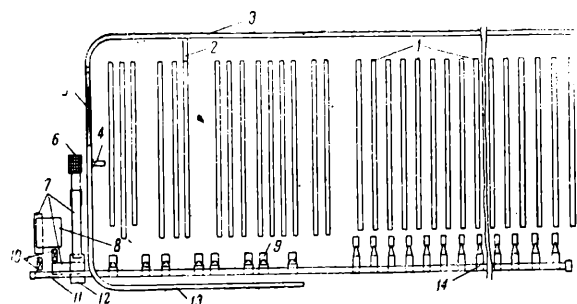


Рис. 17. Вариант механизации литейной индивидуального и мелкосерийного производства, выпускающей отливки весом до 100 кг в штуке при общем расходе жидкого металла до 50 т в день:

1 — рольганговые конвейеры для форм; 2 — передвижной мостик; 3 — рольганг для передачи форм на выбивку; 4 — толкатель для форм; 5 — электрифицированная рольганговая секция; 6 — выбивная решетка; 7 — фартовый питатель; 8 — бункер емкостью 40 т; 9 — формовочные машины; 10 — элеватор; 11 — транспортер для готовой земли; 12 — сито; 13 — конвейер для возврата опок; 14 — бункеры над формовочными местами

применены рольганги подковообразной конфигурации. Каждая такая ветка может вместить около 68 форм, из которых 28 ложатся на линии со стороны заливки. Всего установлено 8 выбивных решеток, обслуживающих все 16 линий. Вдоль линии выбивных решеток расположен конвейер. Выбитые из форм отливки поступают на этот конвейер и доставляются к спускному желобу и по нему поступают в очистное отделение в нижнем этаже цеха.

Жидкий металл транспортируется при помощи специальных заливочных приспособлений, передвигающихся по монорельсовому пути. Как видно из рис. 14 и 15, там, где раньше требовалось 3 человека, оказалось достаточным двое.

Ограниченность площадей и стремление максимально сократить межоперационные пути передачи привели к экономному расположению оборудования. Примером служит расположение формовочных машин на рис. 16. Как видно, движения, связанные с передачей форм на конвейер, максимально сокращены.

Примером механизации литейной серого чугуна при индивидуальном производстве отливок весом до 100 кг служит схема, представленная на рис. 17. Эта система, по уверению автора, хорошо отвечала запросам производства, где ежедневно выплавляется около 4 сортов металла.

Обращает внимание большая площадь рольгангов для складирования форм, что весьма существенно для литейных ин-

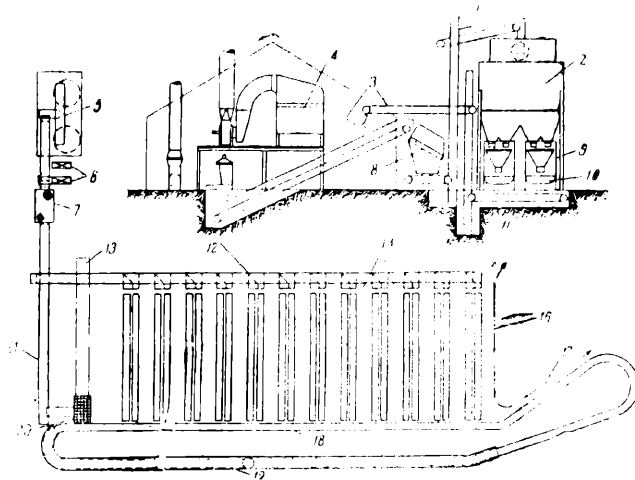


Рис. 18. Схема установки рассчитана на обслуживание 12 формовочных мест. Данный вариант объединяет преимущество схем, допускающих складирование форм для последующей периодической заливки, при одновременном использовании удобств централизованной зоны заливки, как это имеет место при конвейерах непрерывного действия:

1 — элеватор для просеянной земли; 2 — бункер емкостью 100 т; 3 — транспортер готовой земли; 4 — пылесборник; 5 — аэратор; 6 — элеваторы; 7, 8 — сито; 9 — вытяжная труба; 10 — миксеры; 11 — элеватор для готовой земли; 12 — транспортер готовой земли; 13 — конвейер для выбитых отливок; 14 — формовочные места; 15 — путь к вагранке; 16 — путь для крановых ковшей; 17 — заливочная зона; 18 — тележечный формовочный конвейер; 19 — охлаждающий тоннель; 20 — выбивная решетка; 21 — транспортер для выбитой земли

дивидуального производства, особенно когда выплавляется несколько сортов металла.

Как видно из приведенной схемы, в торце конвейерных веток, в поперечном к ним направлении, установлена отдельная рольганговая секция, посредством которой залитые формы могут передаваться с заливочных веток на линию, транспортирующую формы на участок выбивки, а освобожденные опоки — для повторной формовки.

На участке, расположенном вблизи выбивной зоны, в линию рольганга включен отрезок транспортера с принудительным движением от мотора. Пройдя этот отрезок, форма попадает под действие пневматического толкателя, который сдвигает ее на выбивную решетку. После выбивки опоки устанавливаются на рольганговую линию для возврата их к формовочным местам.

Участок выбивки и зона переработки земли отделены от менее пыльных участков кирпичной стеной (на схеме не показана).

Вариантом более совершенной системы, могущей применяться в литейном цехе индивидуального и серийного производства, является схема рис. 18.

Этот вариант объединяет преимущества схемы, позволяющей аккумулировать формы на рольгангах, и одновременно централизовать операции заливки и выбивки, используя для этой цели конвейер непрерывного действия. Наряду с указанным, при такой системе можно вести периодическую заливку различных сортов металла, что весьма важно для литейных.

Во всех рассмотренных случаях успех зависит главным образом от тщательной проработки принятой системы механизации. Следует иметь в виду, что комплексная механизация не ограничивается только применением устройства для передачи и транспорта земли и форм. Наряду с этим можно значительно облегчить условия труда и сократить рабочую силу путем применения всевозможных приспособлений на самых различных участках.

Однако, так как в данном случае рассматриваются вопросы, относящиеся главным образом к транспорту земли и форм в литейных индивидуального и серийного производства, надо отметить следующие положения при различных системах механизации:

1. Формовщик занят только изготовлением форм и совершенно освобождается от операций заливки и выбивки, что

еще часто наблюдается в подобных литейных. Формовщик освобождается и от установки форм на плиту.

2. Заливка может быть централизована в литейных как с непрерывным методом работы, так и с периодическим циклом. Централизация заливки не может препятствовать наличию форм различной высоты, так как в настоящее время имеются всевозможные подвесные устройства для ковшей, допускающие соответствующую регулировку высоты.

3. Выбивка форм и стержней также может быть централизована за счет использования простых транспортных средств, например, тележек, кранов, конвейеров и др.

4. Потребность в свежих добавках сводится к минимуму, и в ряде случаев совершенно исключается необходимость в специальных облицовочных составах.

5. Весьма важно иметь хорошо организованный и достаточной вместимости склад земли.

6. При механизации создаются более благоприятные условия для поддержания чистоты помещений и рабочих участков. Помимо того, что в общей системе механизации обычно предусматривается также система уборки отходов, само скопление грязи и отходов (в связи с поточным построением технологического процесса) обычно сосредоточивается в определенных местах, а это уже значительно облегчает задачу поддержания чистоты и порядка.

7. При любой системе механизации следует учитывать необходимость в хорошо организованной службе профилактического осмотра и ремонта оборудования.

8. При механизации должен быть усилен надзор за ходом производства и улучшено планирование, так как в противном случае система механизации не сможет себя оправдать.

Топливные элементы

(Реферат)

Создание энергетических машин с высоким коэффициентом полезного действия, разработка способов наиболее полного и рационального использования имеющихся в нашем распоряжении энергетических ресурсов (топлива, горючих газов и др.) — актуальные задачи советских энергетиков в четвертой пятилетке.

При принятых сейчас методах использования топлива, связанных с его сжиганием под паровыми котлами, пропадает значительная часть энергии, даваемой реакцией горения. Большое количество энергии теряется непроизводительно на трение и теплотери излучением. К. п. д. таких машин составляет лишь 10—15% от максимальной работы, которую дает реакция горения угля.

Из второго начала термодинамики следует, что максимальную работу дают обратимые процессы или реакции.

При сжигании же топлива под паровыми котлами мы имеем случай, наиболее далекий от обратимости. В природе точно обратимых процессов нет, но многие из них очень близки к обратимым и их практически можно считать таковыми. Задача состоит в том, чтобы найти такие условия, при которых реакции сжигания угля или другого горючего с большим содержанием углерода, были бы более близки к обратимым, чем в обычных случаях. Этого можно достигнуть, если заставить процесс горения протекать в гальваническом элементе, т. е. электрохимически сжигать уголь, окисл углерода, водород или другие горючие вещества. Отсюда и появилась проблема создания так называемого «топливного гальванического элемента», т. е. элемента, который мог бы непосредственно превращать энергию топлива в электрическую и, таким образом, наиболее полно использовать работу, даваемую реакциями горения углеродсодержащих веществ.

Максимальная работа, получаемая при реакциях горения С и СО

Химические реакции обычно сопровождаются выделением или поглощением теплоты и механической работой расширения или сжатия системы, что является результатом изменения ее внутренней энергии. Часть теплоты может быть превращена в полезную работу (механическую, электрическую и т. д.), а другая часть (как показывает второе начало термодинамики) остается в виде теплоты, которую ни при каких условиях нельзя превратить в работу. В зависимости от свойств системы и условий, при которых протекает химическая реакция, изменение внутренней энергии по-разному распределяется между этими слагаемыми — теплотой, не превращаемой в работу, и работой. Максимальную работу $A_{\max}$, согласно второму началу термодинамики, могут дать только обратимые химические реакции. Когда реакции протекают необратимо, то получаемая полезная работа будет меньше $A_{\max}$, а в случае явно необратимом будет минимальной — $A_{\min}$.

Для реакций, протекающих изотермически обратимо, существует уравнение для вычисления максимальной работы реакции. Запишем это уравнение для реакций, протекающих при постоянном давлении:

$$A = RT(\ln K_p - \Delta \ln p_0), \quad (1)$$

$$T = \text{const}; \quad p = \text{const},$$

где A — максимальная работа,

R — газовая постоянная,

T — абсолютная температура,

K_p — константа равновесия,

$\Delta \ln p_0$ — алгебраическая сумма начальных парциальных давлений.

Для оценки максимальных работ разных реакций примем начальные парциальные давления равными единице. Тогда:

$$A = RT \ln K_p. \quad (2)$$

Вычисление максимальных работ реакций по формуле (2) связано с нахождением констант равновесия. Изменение этих констант равновесия с температурой находится по следующему уравнению:

$$\frac{d \ln K_p}{dt} = - \frac{Q_p}{RT^2}, \quad (3)$$

где Q_p — тепловой эффект реакции при $p = \text{const}$.

Нужно знать значение K_p для какой-либо одной температуры и изменение теплового эффекта с температурой. Это изменение дается формулой Кирхгофа:

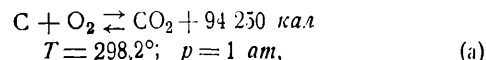
$$Q_p = Q_0 - \int_0^T \Delta C_p dT, \quad (4)$$

где Q_0 — тепловой эффект при абсолютном нуле,

ΔC_p — алгебраическая сумма теплоемкостей веществ, вступающих в реакцию, и продуктов реакции.

Пользуясь изложенным порядком вычисления, можно найти максимальные работы для обратимо протекающих реакций горения С и СО, что нас в данный момент интересует.

При обратимом сжигании С или СО нужно, чтобы реакции углерода с кислородом, до образования СО или СО₂, и СО с кислородом, до образования СО₂, протекали бы при одной температуре, причем во всех своих стадиях были бы обратимы, т. е. чтобы при обратном протекании процесса СО₂ могла бы диссоциировать на углерод (графит) и кислород:



где 94 250 кал — тепловой эффект реакции Q_p при абсолютной температуре $T = 298,2^\circ$ ($t = 25^\circ\text{C}$).

Таблица 1

Тепловые эффекты и максимальные работы реакции (a)

№	T°	$Q_p \text{ кал}$	$A \text{ кал}$	$\frac{A}{Q_p} \cdot 100\%$
1	298,2	94 250	94 025	99,7
2	500	94 280	93 857	99,5
3	1 000	94 295	93 420	99,0
4	1 500	94 301	93 060	98,6
5	2 000	94 460	92 520	97,9

По расчетам Шотки при низких температурах при горении углерода образуется, главным образом, СО₂, а при высоких

температурах — CO. При $T = 800^\circ$ концентрации образовавшихся CO и CO₂ приблизительно одинаковы.

Реакция образования CO протекает по уравнению:

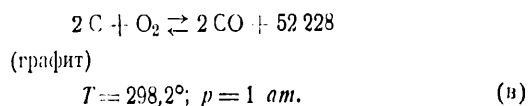


Таблица 2

Тепловые эффекты и максимальные работы реакции (в)

№	T°	$Q_p \text{ кал}$	$A \text{ кал}$	$\frac{A}{Q_p} \cdot 100\%$
1	293,2	52 228	64 760	118,2
2	500	52 065	73 290	140,7
3	1 000	52 890	94 350	180,0
4	1 500	53 628	114 850	214,1
5	2 000	55 457	135 575	244,4

Обычно, при протекании химических реакций, с повышением температуры меньшая часть теплового эффекта может быть источником работы. Как видно из табл. 1 и 2, реакции горения углерода в окись углерода и углекислоту представляют исключение. При сгорании углерода в углекислоту почти вся энергия горения может быть превращена в полезную работу даже при 2000° , а при сгорании в окись углерода максимальная работа с повышением температуры сильно возрастает и при 2000° составляет 244,4% от общей энергии. Это говорит о том, что реакция дает работу за счет окружающего тепла.

Рассмотрим теперь реакцию сгорания окиси углерода, которую также представим себе протекающей изотермически обратимо:

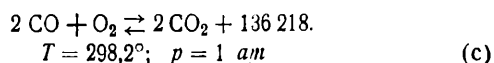


Таблица 3

Тепловые эффекты и максимальные работы реакции (с)

№	T°	$Q_p \text{ кал}$	$A \text{ кал}$	$\frac{A}{Q_p} \cdot 100\%$
1	298,2	136 218	123 250	97,0
2	500	136 540	114 300	83,0
3	1 000	136 200	92 200	67,6
4	1 500	134 700	70 300	52,1
5	2 000	133 500	49 200	36,7

Реакция сгорания CO в CO₂ протекает обычно, и ее максимальная работа с повышением температуры значительно уменьшается. Значение максимальных работ основных реакций горения углерода необходимо для вычисления э. д. с. топливных гальванических элементов.

Термодинамика гальванического элемента и топливные элементы

Все химические реакции и, в частности, гетерополярные, как, например, реакции горения C и CO, протекают между свободными ионами. В основе таких реакций лежит беспорядочное перемещение электронов. Для того, чтобы получить электрический ток, это беспорядочное движение нужно уметь превратить в направленное. Все это можно осуществить в гальваническом элементе.

Согласно приведенным выше положениям второго закона термодинамики, в электрическую энергию может превратиться только работа A , даваемая химической реакцией. Эта работа связывается с тепловым эффектом химической реакции уравнением Гиббса-Гельмгольца:

$$A = Q + T \frac{dA}{dT}, \quad (5)$$

где $\frac{dA}{dT}$ — термический коэффициент, характеризующий изменение A с температурой.

Если вместо A в уравнение (5) в случае электрохимического процесса подставить ее значение в электрических единицах, то

$$A = E \cdot n \cdot 96\,500 \cdot 0,239, \quad (6)$$

где E — электродвижущая сила,

n — число эквивалентов, участвующих в реакции,

96 500 — число Фарадея,

0,239 — коэффициент, устанавливающий связь между тепловой и электрической энергией.

Тогда получим:

$$E = \frac{Q}{23\,063 \cdot n} + T \frac{dE}{dT}. \quad (7)$$

Уравнение (7) устанавливает связь между Q и E и дает возможность предугадывать, будет ли элемент работать с поглощением тепла или с его выделением. Если $\frac{dE}{dT}$ — величина отрицательная, то часть энергии будет выделяться в виде тепла. Если положительная, то для образования электрической энергии нехватит тепла и элемент будет черпать его из окружающей среды. Поэтому при отсутствии притока тепла элемент станет охлаждаться.

Уравнение (7) включает всю термодинамику гальванического элемента, но условием его применимости является полная обратимость процесса. В этом случае в электрическую энергию превращается максимальное количество работы. Мы будем рассматривать только обратимые гальванические элементы, т. е. такие, в которых пропускание тока в направлении обратном тому, при котором они работают, вызывает те же процессы и возвращает цепь в исходное состояние.

Для практического вычисления э. д. с. гальванических элементов можно воспользоваться уравнением (6), преобразовав его в

$$E = \frac{A \text{ кал}}{23\,063 \cdot n}, \quad (8)$$

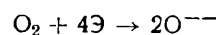
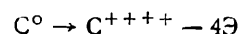
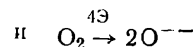
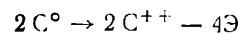
или уравнением, выведенным из уравнения (1):

$$E = - \frac{0,0001984}{n} T \lg K_c. \quad (9)$$

Представим себе гальванические элементы с обратимыми электродами из углерода и кислорода, а также окиси углерода и кислорода, в которых процессе токообразования будет протекать за счет электродных реакций горения углерода или окиси углерода:

C /электролит/ O₂

Предположим, что углеродный электрод посылает в электролит ионы C****, а кислород растворяется на катоде. Этот элемент может работать, если C будет сгорать до CO и до CO₂, т. е.



Вторую цепь для сгорания CO схематично можно изобразить так:

CO/электролит/O₂, воздух.

Для таких обратимо работающих гальванических элементов, исходя из максимальных работ реакций, которые были приведены в табл. 1—3, можно рассчитать э. д. с., пользуясь приведенными формулами (табл. 4).

Таблица 4

C + O ₂ ⇌ CO ₂	2C + O ₂ ⇌ 2CO	2CO + O ₂ ⇌ 2CO ₂
$T = 298,2$	$E = 1,02 \text{ в}$	
500	1,02 в	298,2 0,7 в
1 000	1,01 в	500 0,8 в
1 500	1,0 в	1 000 1,0 в
2 000	1,0 в	1 000 0,99 в
		1 500 1,2 в
		1 500 0,76 в
		2 000 1,55 в
		2 000 0,53 в

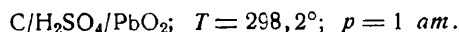
Реакция (а) имеет отрицательный коэффициент $\frac{dE}{dT}$ и будет протекать в гальваническом элементе, отдавая тепло окружающей среде, либо гальванический элемент будет нагреваться.

ся (очень незначительно, так как температурный коэффициент близок к нулю). Реакция (в) имеет положительный температурный коэффициент и будет протекать в гальваническом элементе с поглощением тепла из окружающей среды. Наиболее выгодно заставить гальванический элемент работать при более высоких температурах, так как э. д. с. с повышением температуры растет. Реакция (с), так же как и (а), имеет отрицательный температурный коэффициент. Наибольшую э. д. с. можно получить при низких температурах, поэтому целесообразно заставить гальванический элемент работать при комнатных температурах. Максимальная электроэнергия, которую можно получить в результате реакции $C + O_2 \rightarrow CO_2$ может быть рассчитана по свободной энергии превращения; она равняется 109,4 ватт-часа на грамм-атом углерода, или 9,116 киловатт-часа на один килограмм.

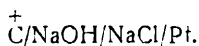
Мы разобрали сейчас гальванические цепи с обратимыми электродами. Однако угольных электродов типа C/C **** построить нельзя, так как пока неизвестно ни одного растворителя, в котором углерод растворялся бы в виде ионов. По этой же причине не может быть построен газовый электрод СО.

Кислород хотя и ионизируется, но медленно и при наличии специальных условий. Тем не менее как углерод, так и СО и кислород могут возбуждать электродвижущую силу за счет взаимодействия с ионами электролита, но обычно этот процесс происходит очень медленно.

Начиная с 80-х годов прошлого столетия и до сих пор топливные элементы, основанные на описанном принципе, были предметом многочисленных работ, не давших до последнего времени результатов, которые позволили бы говорить об их практическом применении. Одним из первых над созданием топливного элемента начал работать русский изобретатель Яблочков. Исследователи, как и следовало ожидать, пошли по единственному пути — окислению С или СО на электродах действием окислителей, окисляемых в свою очередь на другом электроде кислородом воздуха. Первые предложенные топливные элементы были сконструированы для работы при комнатной температуре. В конце прошлого столетия и в начале XX века для электрохимического сжигания углерода были предложены следующие цепи:

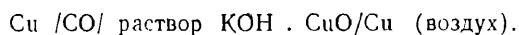


В этом элементе для окисления использована двуокись свинца. Углерод сгорал здесь до двуокиси углерода и давал на зажимах $E = 1,03$ в при очень маленькой плотности тока. В другом предложенном элементе в качестве электролита была использована щелочь:



Элемент давал на зажимах $E = 0,7 - 0,8$ в. На аноде деполаризатором служил жидкий окислитель. Плотность тока так же, как и в первом элементе — невелика. Углерод в элементе сгорал, образуя углекислую соль.

Примером электрохимического сжигания окиси углерода при комнатной температуре может служить следующий топливный элемент



В нем на катоде происходит окисление СО до CO_2 . При концентрации KOH = 15% элемент дает э. д. с. = 1,04 в; если взять за анод платину, то э. д. с. возрастает до 1,17 в. Как видно из табл. 4, при комнатной температуре обратимый гальванический элемент, работающий за счет реакции электрохимического сжигания СО, дает э. д. с. = 1,33. Поэтому странно, на первый взгляд, что реальная гальваническая цепь, работающая необратимо, дает такую высокую э. д. с., как в этом элементе. Авербах объясняет это тем, что СО сгорает в нем в углекислую соль по уравнению:



При такой реакции э. д. с. = 1,684 в. При электрохимическом сжигании С и СО в приведенных и других топливных элементах с водными электролитами при комнатной температуре ($T = 298,2^\circ$) получаются некоторые положительные результаты. В таких гальванических цепях происходит электрохимическое сжигание С и СО, однако они еще очень далеки от практического использования. Это объясняется тем, что

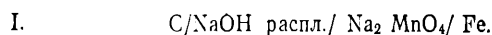
при обычных температурах С и СО плохо окисляются кислородом воздуха и имеют очень малую электролитическую упругость растворения. Процесс токообразования протекает медленно и получаемая плотность тока ничтожно мала. Кроме того, подобные элементы сильно поляризуются.

Создание топливного элемента, работающего при комнатных температурах, в дальнейшем, очевидно, пойдет по пути каталитической активации электродных процессов окисления С и СО. Водородно-кислородная цепь представляет собой также пример гальванического элемента, в котором электрическая энергия получается непосредственно за счет энергии горения. Было сделано много попыток придать этой цепи техническое осуществление, но все они не имели до последнего времени большого успеха. Это объясняется, как и в случае окиси углерода, медленностью процессов горения на электродах, препятствующей отбору более или менее значительных токов.

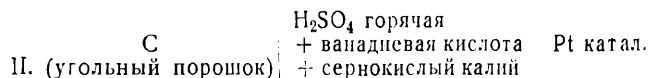
В 1941 г. советский инженер Спиридонов, применением электродов, покрытых активным материалом (особой угольно-никелевой массой), сумел создать водород-кислородный гальванический элемент, дающий хорошую плотность тока при комнатных температурах. Его элемент имел к. п. д. = 60% и при $E = 0,75$ в давал $I = 30$ мА/см². Эта работа подтверждает целесообразность применения катализаторов для электродных реакций горения в топливных элементах.

Для ускорения реакции горения мысли большинства исследователей были направлены на создание гальванических цепей, работающих при высоких температурах. В качестве электролитов в начале брались расплавленные щелочи, соли и нагретые кислоты.

Для примера разберем несколько таких гальванических цепей:



Цепь работала при $t = 300^\circ$, причем в ней электрохимически сгорал не только углерод, но и другие горючие вещества.

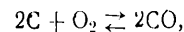


Цепь при $t = 250^\circ$ давала $E = 0,5 - 0,6$ в (сила тока не дана). К. п. д. такого элемента составлял 30% от максимальной работы, даваемой протекающей реакцией.

Позже проводились работы по созданию топливных элементов с расплавленными металлами. При этом исходили из предположений, что гальваническое сжигание С и СО с достаточной скоростью может происходить только при температуре красного каления ($800 - 1300^\circ$).

Элемент с расплавленным серебром (в расплавленное серебро вдувался кислород, а угольный электрод, который был погружен в расплавленные над серебром соли, сгорал) при $E = 1$ в давал плотность тока 500 а на 1 м².

Как отмечено, процесс токообразования в этих элементах протекал по уравнению:



что вполне согласуется с произведенными выше расчетами.

Наряду с углерод-кислородными топливными элементами с расплавленными электролитами, было предложено также много вариантов окислительно-кислородных элементов, на которых мы не будем останавливаться.

Созданные топливные элементы с расплавленными электролитами не могли найти себе практического применения, из-за высоких температур, при которых они работали, а, главное, из-за того, что они не были длительно устойчивыми при высоких температурах. Кроме того, элементы легко поляризуются. Высказывание о том, что элементы с расплавленными электролитами неэкономичны, так как значительная часть даваемой ими энергии тратится на подогрев, безусловно, верно.

Рассмотрение условий, при которых топливные элементы могут рассчитывать на техническое применение, заставило искать такие электролиты, которые являлись бы длительно устойчивыми при высоких температурах, когда уголь и горючие газы сгорают с достаточной скоростью. Такими электролитами могут быть твердые вещества, обладающие ионной проводимостью. На их основе Баур, а у нас в Советском Союзе — Дантия, построили топливные элементы, давшие неплохие показатели. Твердые вещества, обладающие ионной проводимостью, при низких температурах имеют очень незначительную электропроводность. При повышении температуры такие вещества увеличивают свою электропроводность за счет большей подвижности ионов, являющихся переносчиками зарядов.

Следовательно, элементы на основе твердых электролитов будут работать только при высоких температурах. Нужно сказать, что при подборе твердых электролитов приходится сталкиваться с рядом добавочных трудностей. Твердые электролиты должны обладать хорошей ионной проводимостью, хорошими керамическими свойствами и химической устойчивостью, не иметь объемной поляризации. Баур в качестве твердого электролита брал смесь из двух частей глины, трех частей WO_3 и одной части CeO_2 (остаток от прокаливания монацита), из которой он изготовил тигли. Из тиглей составлялась батарея. Сопротивление тигля (толщина стенки 1 мм) с внутренней поверхностью 15–16 см^2 при 1100° равно 2,1 ом.

На рис. 1 показан такой топливный элемент, который при 1100° давал э. д. с. = 0,7 в (по теории 1 в) и имел мощность 1,33 вт/дм³ полезного объема.

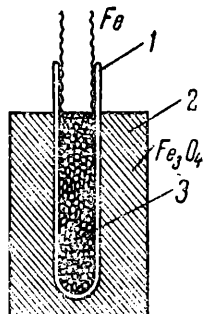


Рис. 1

1—тигель из твердого электролита; 2—железная окалина, 3—кокс

показатели, они не могли найти себе технического применения.

Гораздо лучших результатов в создании газового элемента с твердым электролитом добился Давтян. В качестве твердого электролита он взял смесь из 43% углекислого натрия, 27% обожженного монацита, 20% триоксида вольфрама и 10% натриевого стекла. Носителем окислительного электрода в его элементе была смесь из окиси железа, железа и шамотной глины, носителем кислородного электрода — смесь из окиси железа, магнитной окиси железа и шамотной глины. Элемент конструктивно оформлен очень компактно и может рассчитывать на применение. Элемент, работая при температуре 550° – 900° , при плотности разрядного тока $I=20$ мА давал напряжение на зажимах $E=0,79$ в. Если пропускать горючий газ состава 50% CO и 50% H_2 , то к. п. д. элемента по отношению к максимальной работе химической реакции составляет 80%.

Давтяну не удалось избежать непрочности твердого электролита — при нагревании и охлаждении последний растрескивался. Это безусловно большой и серьезный, но не принципиальный недостаток элемента.

На основании термодинамических расчетов для обратимых элементов (табл. 1, 2 и 3) можно сказать, что электрохимическое сжигание угля при высоких температурах в элементах, требующих нагревания, невыгодно.

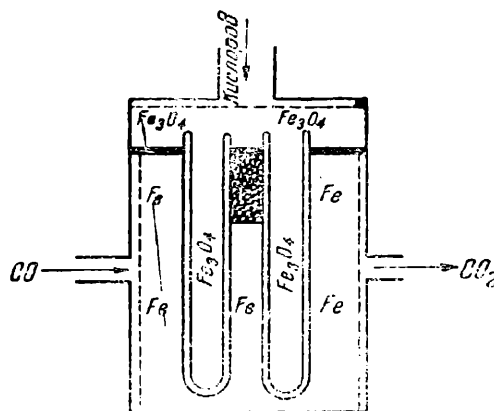


Рис. 2

При высоких температурах происходит, в основном, сгорание C до CO. Это не позволяет полностью использовать энергию горения угля, для чего нужно еще сжечь CO до CO_2 . Кроме того, элементы требуют нагревания и поддержания их при высокой температуре, на что идет большая часть энергии, получаемой в элементе. Это конечно, неэкономично. Реакция же сгорания C до CO тоже требует для своего протекания подвода тепла, так как максимальная работа больше теплового эффекта реакции (табл. 2). Если тепло не подводить, то элемент будет охлаждаться. Реакция сгорания C до CO_2 даст очень небольшое количество неиспользованного для работы тепла, которое может пойти на нагревание элементов (табл. 1).

Выводы

Из вышеизложенного видно, что в лабораторных условиях уже близко подошли к практическому решению проблемы топливного элемента. Однако ни один элемент еще не работал на дешевых топливах. Пока единственными элементами, в которых технические проблемы частично решены, являются элементы с использованием газообразного горючего. Несмотря на то, что установки будут представлять собой большое количество маленьких единиц с небольшой производительностью, все же экономичность и удобство использования подобных элементов не оставляет сомнения.

Главная задача — придать топливным элементам такой вид, чтобы они были годны для широкого технического применения.

ЛИТЕРАТУРА

Бродский, Физическая химия.
Ракетский, Физическая химия.
Льюис и Рэнддалл, Химический термодинамика.
Давтян, «Известия Академии наук СССР», ОН 1945 г., №№ 1, 2.

„Zeitschr. f. Elektr.“, 2, S. 541 (1896); S. 424. (1897).
„Ber. d. Deutsch. Chem. Ges.“ 47, S. 2233 (1910).
„Zeitschr. f. Elektr.“, 4, S. 128 (1899); 16, S. 286 (1906); 18, S. 1062 (1912); 22, S. 409 (1916); 43, S. 727 (1937); № 9 (1938).

В. В. Лебедев
(член Общества энергетиков)

Хроника научных инженерно-технических обществ

В ОБЩЕСТВЕ ВОДНИКОВ

Московское отделение ВНИТО водников систематически выпускает бюллетень «Новости зарубежной техники», рассылающийся членам Общества для их ознакомления с достижениями технической мысли во всех отраслях техники водного транспорта за рубежом.

В 1946 г. вышло 10 бюллетеней, общим объемом 6,5 печатного листа. Каждый из них освещает новинки зарубежной техники в определенной отрасли водного транспорта.

Так, в первом бюллетене трактуются вопросы нового речного судостроения в США. Приводятся основные элементы и даются характеристики некоторых буксирных судов, построенных в последнее время, описывается новый тип разборного мощного буксира с дизельной установкой, а также новые самоходные нефтеналивные суда. Последний раздел выпуска посвящен описанию ноуинок в моторостроении и судовой теплотехнике.

Во втором выпуске освещается опыт выправительных работ в США (в частности на р. Миссури), а также различные технические новшества в путейском хозяйстве США. В практике улучшения судоходных условий на реках США применяются все основные методы путейских работ, как-то: выправление землечерпание, шлюзование и регулирование стока. Самые приемы производства выправительных работ и типы сооружений значительно отличаются от принятых на реках Европейского континента.

Третий бюллетень трактует вопросы механизации трудоемких погрузо-разгрузочных работ. В номере описываются новейшие, лучшие и проверенные на практике механизмы для перегрузочных работ, представляющих интерес как по своей конструкции, так и по методам их применения и эксплуатационным данным. В первом разделе освещены наиболее интересные конструкции кранов, во втором — самодвижущиеся тележки — лифтраки, имеющие большое значение для механизации транспорта на промышленных предприятиях и на территории портов и складов, а также новые типы рудных тележек.

Последний раздел этого номера посвящен новейшему транспортному оборудованию, в частности, сборной секционной конструкции транспортеров.

Четвертый бюллетень освещает опыт деревянного судостроения в США во время второй мировой войны. Ввиду большой потребности в металле для военных целей, в США за последние годы вновь возродилось деревянное судостроение речных и мелких вспомогательных судов. Широко применяются новые оригинальные методы постройки, значительно ускоряющие ее и снижающие стоимость.

Пятый номер содержит описание американских буксиров по-

стройки 1946 г., вступивших в эксплуатацию на рр. Миссисипи и Охайо. Во втором разделе бюллетеня говорится о новом пригородном катере на р. Темзе (Англия), отличающемся своими высокими эксплуатационными качествами.

В шестом бюллетене описывается судоберфь для постройки сварных 700-тонных танкеров скоростным методом.

Седьмой бюллетень знакомит с работой верфи в Шотландии, оборудованной для сварных конструкций. Указываются преимущества этой верфи и описывается план и технологический процесс.

В восьмом бюллетене читатели знакомятся с новой системой впрыскивания топлива в двигателях внутреннего сгорания, обеспечивающей возможность работы сравнительно быстроходных двигателей на топливе с цетановым числом, не превосходящим 17.

Девятый выпуск содержит описание нового проекта регулирования и углубления нижней части р. Миссисипи.

В последнем десятом выпуске дается характеристика новых типов американских и английских мелкоосидящих деревянных пассажирских катеров.

В 1946 г. Общество водников уделило большое внимание разработке некоторых вопросов гидравлики. Из крупных законченных работ надо упомянуть следующие.

Первая работа — «Теория гидравлического расчета наполнения камеры шлюза и определения натяжения тросов», объемом в 3 печатных листа, — посвящена теоретическому исследованию процессов наполнения шлюзовых камер через отверстия в воротах и приближенному определению усилий, действующих на судно в камере при ее наполнении. Получены формулы для определения основных гидравлических параметров потока (условия образования прыжка, пополнение горизонта за воротами и т. п.). Работа значительно облегчает определение максимального усилия, действующего на судно в камере шлюза во время ее наполнения.

Вторая работа — «Свободные турбулентные струи», объемом в 2 печатных листа, — излагает новую теорию свободных турбулентных струй, дающую возможность решать вопросы теории движения жидкости. До сих пор эти вопросы, в частности вопросы вытекания струи в безграничное пространство из круглого или квадратного отверстия конечного размера, мало освещались в печати. Полученные результаты могут быть применены к расчетам всех явлений в машинах и сооружениях, связанных с истечением жидкости в ту же среду (подводное размывание грунта, струи за винтом судов, сопротивление и расчеты эжекторов лабиринтных уплотнений и т. п.).

Критика и библиография

Учебник по специальному курсу „Технология литейного производства“, т. I (составленный бригадой авторов ВНИТО литейщиков под редакцией д-ра техн. наук, проф. Л. М. Мариенбаха). Машгиз, 1946

Рассматриваемая книга¹ является первой попыткой создания единого учебника по специальному курсу литейного производства для слушателей литейной специальности машиностроительных вузов. До сих пор студентам приходилось изучать этот курс по многочисленным литературным источникам. Изданный I том касается вопросов технологии литейной формы и модельного дела и соответствует первым разделам программы спецкурса вузов.

Задача учебника по технологии литейного производства состояла в том, чтобы научно и практически обоснованно освес-

тить современные методы работы. Коллектив авторов, взявший на себя эту задачу, в общем разрешил ее успешно. Студент получит ясное представление о современных методах работы на основе новейших научных исследований в индивидуальном, серийном и массовом чугунолитейном производстве и об явлениях, происходящих при заливке формы. Несмотря на то, что книга составлена несколькими авторами, язык ее весьма ясный и ровный, нет ненужных повторений.

Однако книга имеет ряд недостатков, которые надо учесть и исправить при ее переиздании.

Первое замечание — методический характер — следующее. В книге трактуются вопросы производства исключительно отливок из серого чугуна, в очень редких случаях — ковкого чугуна и совсем не затрагиваются стальные и цветные отливки. Как сказано в предисловии, особенности технологии стального и цветного литья будут излагаться в соответствующих разделах II тома. Такое раздробление технологических вопросов едва ли можно считать методически правильным, хотя оно и сделано согласно существующим программам ву-

¹ По поручению Президиума ВНИТО литейщиков рецензия составлена бригадой, возглавленной д-ром техн. наук, проф. Н. П. Аксеновым. Заслушана и утверждена на заседании Президиума ВНИТО литейщиков.

зов. Методически правильнее излагать технологию литейного производства во всем ее объеме, для всех видов литья, а не только для чугунолитейного производства, как это фактически получилось сейчас.

Одновременно следует возбудить ходатайство о пересмотре программы по спецкурсу.

Второе замечание общего характера касается полного отсутствия в книге вопросов техники безопасности. Согласно указаниям Министерства высшего образования, техника безопасности должна излагаться попутно по каждому отдельному методу технологии. Это нужно учесть при последующем переиздании учебника.

В книге, к сожалению, отсутствует список рекомендуемой литературы по отдельным вопросам технологии. Такие списки по каждой главе были бы очень полезны студентам, желающим самостоятельно и более углубленно изучить те или иные вопросы.

Наконец, необходимо отметить весьма плохое и крайне небрежное издание книги, что, конечно, всецело надо поставить в вину издательству.

В учебнике имеется в несколько раз больше погрешностей, чем указано в списке замеченных опечаток. Плохо и туманно отпечатаны фотографии. Все эти досадные недочеты иногда затрудняют понимание текста.

Кроме замечаний общего характера приведем наиболее важные замечания рецензентов по отдельным главам.

Введение. Краткий исторический очерк развития литейного производства. Автор проф. Н. Н. Рубцов (рецензент проф. Н. П. Аксенов). В главе приводится много хронологических дат основания различных заводов России, но очень мало говорится о развитии технологических методов изготовления отливок и недостаточно отражены причины социально-экономического характера, влиявшие на ход развития литейного производства. При переиздании следует также проверить и уточнить цифры табл. 2 о нарастании мощности литейных цехов, отличающихся от цифр других авторов и внушающих некоторые сомнения. Следует отметить, что фиг. 6, изображающая, судя по надписи, «печь с дутьем для плавки железа» — совершенно непонятна. При переиздании этот рисунок помещать не следует.

Часть I. Глава I. Основные понятия об элементах формы и процесса производства отливок. Автор проф. Н. Н. Рубцов (рецензент канд. техн. наук А. С. Куширский). Глава дает понятие об элементах формы. Следовало бы дополнить ее схемой последовательности технологических операций по изготовлению формы, заливке, выбивке и очистке литья, что обычно указывается преподавателем.

Глава II. Формовочные и стержневые материалы. Автор проф. И. Н. Аксенов (рецензент канд. техн. наук С. А. Скомоухов). Глава составлена методически правильно и по содержанию и четкости изложения представляет большой интерес. Имеется несколько отдельных замечаний.

В число требований к стержневым смесям следует включить требование о минимальной газотворной способности (стр. 31).

Имеется весьма существенная опечатка (стр. 41) при определении размерности газопроницаемости K . Размерность величины P дана в $г/см^3$, вместо $г/см^2$, ниже сказано «получаем размер» и дальше пропущены 1 или 2 строки, указывающие, какая же получается размерность величины K .

К обоснованиям, объясняющим противопригарное действие каменноугольной пыли (стр. 57), следует добавить об образовании при горении угля восстановительной атмосферы, уменьшающей степень окисления жидкого металла во время заливки его в форму.

Пределы содержания влаги в смесях для сухой формовки с 5—6% следует расширить до 5—10% (стр. 69). Пределы удельного веса мелясы 1,3—1,35 надо расширить до 1,1—1,35 (стр. 68).

Следует исключить описание примитивного способа испытания модельной пудры (опускание в воду обыкновенной спички, покрытой пудрой, и затем зажигание ее) (стр. 76).

Глава III. Изготовление формы при индивидуальном и серийном производстве.

Глава IV. Изготовление стержней при индивидуальном и серийном производстве. Автор проф. Л. И. Фанталов (рецензенты инж. В. А. Чернушевич и д-р техн. наук П. Н. Бидуля). Изложение обеих глав отличается ясностью, правильностью трактовки и прекрасным подбором примеров различных методов формовки и изготовления стержней.

Некоторым недостатком является то, что автор, прекрасно описывая методы и приемы работы, излагая их почти исключительно на основе практики литейных цехов, отвечает исчерпывающе на вопрос, как надо изготавливать

форму или стержень, но очень мало останавливается на вопросе, почему надо так изготавливать.

Второй общий недостаток этих глав состоит в том, что автор обошел молчанием вопрос о трудоемкости операций по формовке, имеющий важное значение для выбора технологического процесса.

Имеется и несколько более мелких замечаний.

В разделе «Формовочный инструмент» приведены неудачная иллюстрация трамбовок трех размеров. Следовало бы указать их длину (стр. 80).

Необходимо было бы уточнить формулировку области применения сырой формовки, так как абзац, об этом говорящий, исчерпывающей ясности не вносит (стр. 96).

Надпись под фиг. 75 неудачна. Так как под сборкой размещается определенная операция, здесь следовало бы сказать «стопочная установка», а не «сборка» опок под заливку.

В разделе 6-й главы об изготовлении стержней следовало бы уделить больше места отделке стержней и их спариванию.

Глава V. Сушка форм и стержней. Автор проф. Л. М. Марисбах (рецензент канд. техн. наук С. А. Скомоухов). Глава составлена методически правильно. Даются весьма ясные теоретические обоснования процесса сушки и всех явлений, происходящих при этом в формах и стержнях.

Имеются лишь незначительные замечания. В начальных пунктах главы следовало бы, при упоминании о все более распространяющемся применении сырых форм, сказать и об их поверхностной подсушке, получающей за последнее время большое распространение в СССР и за границей.

На стр. 205—206 автор неправильно пользуется термином «набивка» формы.

Глава VI. Процесс уплотнения формовочных смесей на машинах. Автор проф. И. Н. Аксенов (рецензент проф. Н. П. Аксенов). Глава дает достаточные основные понятия о процессе уплотнения на формовочных машинах согласно новейшим научным исследованиям. Приведем некоторые замечания.

На фиг. 168 (стр. 214) изображена диаграмма влияния влажности на уплотняемость. На стр. 214—215 сказано, что при оптимальной влажности получается наибольшая прочность и поверхностная твердость формы. В отношении поверхностной твердости это неверно, как ясно видно из той же диаграммы.

На стр. 232 сказано: «вследствие высокой производительности пескомата при набивке несомытых опок получается слишком большие потери смеси, которая сыплется мимо опок». Земля просыпается мимо опок тогда, когда их набивают около стенок, и процент просыпания тем больше, чем больше отношение периметра к площади опок, т. е. при малых опоках, и вовсе не зависит от большой производительности пескомата.

Глава VII. Изготовление форм при массовом производстве. Автор канд. техн. наук Б. В. Рабинович (рецензент проф. Н. П. Аксенов).

С методической стороны построение главы вполне правильно. Слишком громоздок лишь пример формовки блока автомобиля.

Нельзя также согласиться с некоторыми положениями автора и с особенностями его терминологии. Автор пишет (стр. 237), что развитие массового производства, применение принципов поточного производства, введение конвейера «не мыслимы без применения формовочных машин». А между тем при кокильном и центробежном литье без всяких формовочных машин вполне мыслимо и уже осуществляется поточное конвейерное производство.

Не объяснено и непонятно, почему разъемные опоки по сравнению со съёмными дают «повышенный брак по перекосу литья» (стр. 239).

К преимуществам безопочной формовки, между прочим, автор относит «высокую производительность труда» и сравнительную простоту изготовления модельных плит «особенно с криволинейным разъемом» (стр. 245). Производительность формовки в обычных парных опоках как раз больше, чем в съёмных, так как в последнем случае приходится производить лишние операции по освобождению формы от опок. Непонятно также, почему криволинейные модельные плиты легче изготавливать для безопочной формовки. Приведенный на фиг. 207 пример и текст главы объяснения не дают.

При описании прессования для этажной формовки (стр. 247) автор пишет, что верхний опечаток получается непосредственным действием вдавливаемой модели, а нижний — действием «обратного» прессования. Новый термин «обратное» прессование — совершенно ненужен и фактически неправи-

лен. Нельзя этот метод назвать и «двухсторонним» прессованием, как пишет автор ниже.

Непонятны термины «двухсторонняя» и «односторонняя» этажная формовка, которые автор употребляет, говоря, что в конвейерных литейных применяется только «обычная» односторонняя этажная формовка». Неудачен и неправильен термин «поворотная машина» (фиг. 212 и др.). Такие машины называются «машинами с поворотной плитой».

Глава VIII. Изготовление стержней при массовом производстве. Автор канд. техн. наук Б. В. Рабинович (рецензент проф. Н. П. Аксенов). Эта глава встречает несколько больше возражений, чем предыдущая. Нельзя согласиться с автором, что «к специфическим методам массового производства относится изготовление вyalеных стержней» (стр. 273). Приводится даже точный (до сотых долей процента) состав стержневой смеси для вyalеных стержней. Однако сумма этих процентов равна не 100, а 122,5%. Дальше говорится о показателях этой смеси: крепость на сжатие $0,23-0,28 \text{ кг/мм}^2$ (?) и на разрыв сухого образца $1,5-2,0 \text{ кг/мм}^2$ (?) вместо кг/см^2 . Указано, что газопроницаемость должна быть 75 см/мин вместо $\text{см}^4/2, \text{ мин}$. Эта сложная размерность ($\text{см}^4/2, \text{ мин}$) обычно не пишется, и газопроницаемость выражают отвлеченным числом, как принято и А. Г. А.

Объяснение большой газопроницаемости стержней (стр. 278), изготовленных на пескодувных машинах, тем, что когда ящик раскрывается, сжатый воздух выходит из стержня и при этом образует в нем дополнительные каналы, — весьма неправдоподобно.

На стр. 282 автор указывает, что «максимальный объем стержней, изготовленных на пескодувных машинах, равен 50 дм^3 . В настоящее время есть пескодувные машины для стержней в 100 дм^3 и более.

Пример выбора опорной плоскости для зачистки стержня, подробно описанный на стр. 286—287, с двумя фигурами, — изложен неясно.

Фиг. 261, 262, 263, представляющие фото бракованных отливок, отпечатаны плохо.

Глава IX. Основные принципы проектирования технологического процесса при массовом производстве. Автор канд. техн. наук Б. В. Рабинович (рецензент канд. техн. наук В. М. Шестопап). Автор методически правильно и последовательно расположил разделы главы, освещающей теоретические обоснования вопросов технологии формы.

Имеется ряд замечаний. Автор пишет, что следует стремиться располагать толстые места отливки (из серого чугуна) в нижней части формы (§ 5, стр. 300), но не дает подробного теоретического обоснования этой рекомендации.

Большинство вопросов (технология формы, изготовление стержней и др.) автор решает применительно к безопочной формовке, заимствуя отсюда многие примеры. Между тем эта формовка даже в массовом производстве имеет ограниченное распространение, соответственно чему должен быть и удельный вес ее в учебнике.

Указано, что правило о расположении обрабатываемых поверхностей при отливке вниз имеет лишь второстепенное, факультативное значение (стр. 301). Такой вывод тоже должен быть соответственно обоснован.

Глава X. Литниковые системы. Автор проф. Н. Н. Рубцов (рецензент инж. Я. Г. Поляков). В главе рассматриваются примеры и современные методы расчета литниковых систем для отливок из серого чугуна. Было бы желательно сложный вопрос о литниковых системах осветить в инженерной трактовке, позволяющей установить связь явлений отливки с законами физики, чего в данной главе нет. В первой части главы не уделено места принципам подхода к установлению размеров элементов литниковой системы. Поэтому помещенные далее формулы, предложенные различными исследователями, являясь для студентов немотивированными. В учебнике вполне уместно было бы дать критическую оценку существующих точек зрения. Все это позволило бы будущему инженеру-литейщику яснее понять сложный вопрос

о литниковых системах, что полезнее, чем только использование готовых формул.

Глава XI. Заливка формы. Автор проф. П. П. Аксенов (рецензент канд. техн. наук А. С. Кушнирский). Глава носит главным образом описательный характер. Температурный режим заливки освещен недостаточно и лишь в последних 10 строчках главы, между тем как он является одним из наиболее важных факторов, определяющих условия получения здоровых отливок.

Глава XII. Явления, происходящие в форме в процессе заливки. Автор канд. техн. наук Б. В. Рабинович (рецензент инж. Я. Г. Поляков и канд. техн. наук С. А. Скоморохов). Глава дает научно обоснованное понимание явлений, происходящих в форме при заливке, и в этом отношении имеет определенную ценность не только для студентов, но и для многих инженеров-литейщиков, знакомя их с новейшими исследованиями.

Глава имеет два раздела: 1) выделение газов и 2) термическое расширение смеси. Автор пишет, что процессы, происходящие на поверхности раздела форма-металл, в частности явления пригара, будут рассматриваться во II томе, по видимому потому, что это имеет большое значение для стального литья. Едва ли методически правильно освещать в двух томах одну тему о явлениях в форме при заливке. Ниже автор объясняет ужимины главным образом термическим расширением поверхностного слоя формы. Между тем, по исследованиям С. А. Скоморохова, отслоение пленки объясняется суммарным воздействием газового давления (превалирующий фактор) и термического расширения.

Глава XIII. Выбивка и очистка литья. Автор проф. П. Н. Аксенов (рецензент канд. техн. наук А. С. Кушнирский). Глава носит в основном описательный характер и дает весьма хороший материал. Было бы полезно дополнить ее описанием удаления литников и прилиев и влияния конструкции литников и прилиев на ускорение операции их удаления, что в особенности важно для стального литья.

Часть II. Глава I. Модельная оснастка для индивидуального и серийного производства. Автор инж. В. В. Балабин (рецензент канд. техн. наук В. М. Шестопап). Желательно было бы помимо деревянных моделей описать изготовление смешанных моделей, где основной материал — дерево, а наиболее тонкие и изнашивающиеся части — металл. Такие модели в серийном производстве, например, в станкостроении, встречаются весьма часто. Также распространены деревянные модели в сочетании с подмодельными металлическими плитами, что имеет большое значение для развития применения машинной формовки.

Глава II. Модельная оснастка для массового производства. Автор канд. техн. наук Б. В. Рабинович (рецензент канд. техн. наук В. М. Шестопап). Все примеры и цифровые данные в этой главе взяты из опыта московского автозавода имени Сталина. Между тем металломоделная оснастка получила широкое распространение и в других отраслях машиностроения. Было бы неправильно ограничиться примерами одного завода.

В обеих главы I и II методически построены вполне правильно и сопровождаются рядом хорошо подобранных примеров и иллюстраций.

Нужно лишь отметить, что указание об оборудовании модельных цехов дано слишком кратко и является не описанием, а простым перечнем оборудования. Следовало бы дать описание каждого вида оборудования из того перечня, который приводится автором.

Общее заключение

Появление учебника «Технология литейного производства» значительно облегчит и повысит качество обучения студентами дисциплины, являющейся основной для их специальности, а также облегчит преподавание курса. В дальнейшем возможно даже сокращение числа лекционных часов за счет самостоятельного изучения студентами курса по учебнику при надлежащей консультации преподавателей.

Выход в свет данной книги можно всецело приветствовать.

Ответственный редактор В. П. Лебедев.

Сдано в набор 14/III 1947 г.

A04807. Подписано к печати 4/V 1947 г. 5 печ. л. Учетно-авт. л. 10. Кол. зн. в п. л. 80.000. Цена 6 р. Зак. 325. Тир. 3000.

Типография Профиздата. Москва, Крутицкий вал, 18.