

Н. И. ФЕЙГИН

**АНТИФРИКЦИОННЫЕ ЧУГУНЫ
Ц-1 и Ц-2—ЗАМЕНИТЕЛИ БРОНЗЫ**



86-383

МАШГИЗ ★ 1940

Н. И. ФЕЙГИН
Кандидат технических наук

Э43

АНТИФРИКЦИОННЫЕ ЧУГУНЫ Ц-1 и Ц-2—ЗАМЕНИТЕЛИ БРОНЗЫ

★

НКТП ★ СССР

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1940 Ленинград

В настоящей книге даны характеристики антифрикционных чугунов Ц-1 и Ц-2—заменителей бронзы, технологический режим их изготовления и указания о возможных пределах применения. В книге приведен перечень узлов различного оборудования, переведенных с бронзы на чугуны Ц-1 и Ц-2.

2
9080

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧ.-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

6 083 $\frac{25}{63}$

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	4
I. Изготовление антифрикционного чугуна	7
1. Характеристика чугунов Ц-1 и Ц-2	7
Химический состав и его обоснование	8
Микроструктура основной массы и ее обоснование	13
Назначение графита	23
Твердость по Бринеллю	25
Коэффициент трения. Твердость сопряженного тела	26
2. Технологический режим изготовления чугунов Ц-1 и Ц-2	31
Формовочная земля. Литниковая система. Шихта. Плавка в вагранке	32
Колебания твердости чугуна в пределах перлитовой структуры	33
II. Применение антифрикционного чугуна	35
1. Пределы применения чугунов Ц-1 и Ц-2	35
Допустимые удельные давления и окружные скорости	35
Конструкция подшипника	42
Механическая обработка и отделка	44
Приработка	45
Смазка	46
2. Перечень узлов трения, переведенных с бронзы на чугуны Ц-1 и Ц-2	48
Станки	49
Молоты, прессы	56
Краны, рольганги	56
Мельницы, бегуны, дробилки	58
Металлургическое оборудование	59
Вагоны, паровозы	60
Тракторы, автомашины	61
Оборудование электропечей, электромоторы	61
Разное	62
Замена низкосортного чугуна	64
3. Техническая документация перехода с бронзы на чугуны Ц-1 и Ц-2	64
К заказу на чугуны Ц-1 и Ц-2 и нормаль на размеры болванок и втулок	64
Пример заполнения "Типовой формы журнала эксплуатационных испытаний антифрикционного чугуна взамен бронзы"	65
Технические условия на изготовление, приемку и применение чугунов Ц-1 и Ц-2	67

ВВЕДЕНИЕ

Экономия олова и меди или полная замена их в машиностроении черными металлами, например чугуном, является задачей народно-хозяйственного значения.

„Массовое применение в машиностроительной и оборонной промышленности антифрикционных чугунов Ц-1 и Ц-2 экономит стране многие тысячи тонн дефицитной бронзы“ (газ. „Машиностроение“ от 15 ноября 1939 г., передовая).

В настоящей книге изложены теория и практика изготовления и применения разработанных нами в Центральном научно-исследовательском институте технологии машиностроения (ЦНИИТМАШ) антифрикционных чугунов Ц-1 и Ц-2 — полноценных заменителей антифрикционной бронзы.

Замена одних материалов другими вообще характерна для современной техники.

Антифрикционные сплавы можно заменять десятками других материалов, но каждый заменитель должен быть строго определенного качества. Кондиционность качества, как показывает опыт разработки антифрикционных чугунов, является важнейшим условием замены.

Чугунные подшипники применяются давно. Однако проведенное нами обследование гнезд трения машин и орудий различного рода обнаружило ничтожное использование чугуна как материала для подшипников, даже в легчайших условиях работы.

Это объясняется следующими причинами:

1. Техника получения высококачественного чугуна в промышленном масштабе не была изучена и освоена. Наилучшим считался легко обрабатываемый чугун — „обыкновенный“, „машиностроительный“. Между тем, именно такой чугун, т. е. феррито-перлитовый, обладает рядом свойств, отрицательно сказывающихся во время службы его в качестве втулки или вкладыша.

2. Для подшипников поступал чугун случайного качества, научные основы испытания которого не были

изучены, в то время как качество подшипникового материала должно строго соответствовать специфике эксплуатационных условий данного гнезда трения.

3. Действительные эксплуатационные условия отдельных гнезд трения не были достаточно изучены. Проектно-конструкторские бюро, отделы главных механиков заводов и др., как правило, совершенно не располагают данными о подшипниковом хозяйстве механизмов, т. е. данными об удельных давлениях, окружных скоростях, твердости валов, характере смазки и т. п., т. е. теми характеристическими данными, знание которых необходимо для выбора наиболее подходящего подшипникового материала. Между тем, чугун (как и любой другой антифрикционный материал) работоспособен только в определенных условиях эксплуатации, и именно эксплуатационные условия являются решающим фактором удовлетворительности его службы.

Этот решающий фактор недоучитывали и, ставя низкокачественный чугун в очень тяжелые условия работы, способствовали его дискредитации.

Широкое внедрение антифрикционных чугунов Ц-1 и Ц-2 оказалось возможным вследствие преодоления указанных выше неблагоприятных моментов.

Антифрикционные чугуны Ц-1 и Ц-2 нашли широкое применение в промышленности, так как они являются кондиционным, качественным материалом, простым в изготовлении, надежным в эксплуатации, дешевым и недефицитным. Кроме того, многочисленными испытаниями в условиях эксплуатации определена область его практического применения. Только за 1938—1939 г. внедрено около 5000 т этого чугуна. На учете Бюро по замене цветных металлов ЦНИИТМАШ состоит свыше 250 заводов-потребителей чугунов Ц-1 и Ц-2. Помимо ЦНИИТМАШ, ряд заводов изготовляет этот чугун самостоятельно (Коломенский, Кировский, Песковский, СТЗ, Ростсельмаш, ХТЗ).

Применение антифрикционных чугунов в промышленности регламентируется рядом правительственных и ведомственных постановлений и приказов: постановление СНК № 1804 от 13/X 1937 г., приказ НКТП № 76а от 19/II 1938 г., НКМ № 108 от 3/III 1938 г., НКМ № 152 от 13/III 1938 г., НКТМ № 378 от 22/VIII 1939 г., НКЧМ № 673 от 3/XII 1939 г., НКПС от 5/XI 1939 г., НКХП № 463 от 14/XII 1939 г., Наркомат электростанций от 26/I 1940 г. № 20, постановления Экономсовета Союза ССР от 27/X 1939 г. № 12141, СНК Союза ССР и ЦК ВКП(б) за № 107 от 19/I

1940 г., НКТМ № 39 от 29/1 1940 г., НКСМ № 78 от 22/II 1940 г., НКНефть № 94/а от 4/II 1940 г. и др. Экономический эффект от замены бронзы чугунами Ц-1 и Ц-2 иллюстрируют следующие данные: стоимость 1 дм^3 бронзы составляет 44 руб., а чугуна — 8 руб. Чугун как подшипниковый материал недефицитен и не может быть дефицитным, что является его большим преимуществом, так как многие известные заменители оказались не менее дефицитными, чем заменяемый ими материал (текстолит, кремнистые бронзы, алюминиевые сплавы и т. п.).

Замена бронзы в возможно большем количестве гнезд трения чугунами является актуальной задачей.

В настоящей работе публикуется обширный перечень оборудования, на котором проведены эксплуатационные испытания чугунов Ц-1 и Ц-2, давшие положительные результаты. На основе этих испытаний разработан ряд запретительных списков, приложенных к приказам всех наркоматов по экономии меди.

Основная задача настоящей книги — оказать возможную помощь работникам литейных цехов, которые будут изготавливать чугуны Ц-1 и Ц-2 в исполнение указанных приказов, и работникам лабораторий и ОТК, а также механикам-ремонтникам и работникам конструкторских бюро в части эксплуатации этих чугунов.

1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННОГО ЧУГУНА

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЧУГУНОВ Ц-1 и Ц-2

Антифрикционные (подшипниковые) чугуны Ц-1 и Ц-2 представляют собой кондиционные перлитовые, ваграночные, малофосфористые, легированные чугуны с средним или повышенным количеством пластинчатого графита в структуре. Чугуны предложены для применения в качестве заменителей бронзовых втулок и вкладышей под-



× 100 × 500
Фиг. 1. Характерная структура чугуна Ц-1.

шипников для невысоких скоростей и сравнительно спокойных нагрузок в условиях хорошей смазки и при точной механической обработке рабочих поверхностей.

Чугуны названы антифрикционными, так как они в отношении износа, коэффициента трения и сохранности вала с успехом заменяют бронзу, работающую как антифрикционный материал в аналогичных гнездах трения.

Чугуны названы перлитовыми по структуре основной массы. Цементит и другие карбиды отсутствуют, феррит либо отсутствует, либо содержание его не превышает 15% в поле зрения. Фосфидная эвтектика представлена в виде мелких включений (фиг. 1 и 2). Твердость 160—229 по

Бринеллю. Чугуны относятся к классам СЧ-36 — СЧ-48 (ОСТ 8827) при сопротивлении сжатию порядка 100 кг/мм^2 .



× 100

× 500

× 500

Фиг. 2. а — характерная структура чугуна Ц-2; б — чугун Ц-2 с содержанием феррита в структуре до 15%.

Химический состав и его обоснование

Химический состав чугунов Ц-1 и Ц-2 приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав чугунов

Марка чугуна	С _{общ}	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ca	Al
-1	3,2—3,6	2,2—2,4	0,6—0,9	0,15—0,20	До 0,12	0,2—0,35	0,3—0,4	0,2—0,3	0,1—0,15
Ц-2	3,2—3,6	2,2—2,4	0,6—0,9	0,15—0,20	До 0,12	0,2—0,35	0,3—0,4	—	—

Выбор каждого из химических элементов не случаен¹. Для того чтобы чугун обладал высокой износостойкостью,

¹ Н. И. Фейгин, Ваграночное антифрикционное литье, „Литейное дело“ № 11, 1937.

Его же. Замена бронзовых подшипников чугунными, „Машиностроитель“ № 12, 1937.

„ „ Антифрикционное ваграночное чугунное литье, статья в сборнике „Новые нормы и режимы технологии в литейном производстве“, 1937.

„ „ Технические указания по изготовлению и применению антифрикционного чугуна, Машгиз, 1939.

„ „ Антифрикционные чугуны как заменители бронзы, статья в сборнике „Заменители цветных металлов“ под редакцией акад. И. И. Бардина, изд. Гос. научн. библ. НКТП, 1939.

„ „ Антифрикционный чугун взамен бронзы, „Вестник металлопромышленности“ № 10—11, 1939.

он должен быть перлитовым, постоянства же перлитовой структуры чугуна можно добиться путем легирования его. Надежным в эксплуатации чугун будет при низком содержании фосфора. Для улучшения антифрикционных свойств чугуна должен иметь повышенное количество графита, т. е. повышенное количество графитизирующих, но не разрушающих основную перлитовую массу химических элементов. Для того чтобы этот чугун был дешевым и доступным в изготовлении, он должен быть ваграночным; ваграночный же метод производства, в свою очередь, обуславливает определенные пределы содержания важнейших химических элементов.

Содержание *углерода* определяется нормальными условиями плавки в вагранке или его сознательно повышают для обеспечения достаточной графитизации. Следует, однако, иметь в виду, что повышение содержания углерода сверх 3,6% без одновременного введения стабилизирующих основную массу элементов может привести к повышенному выделению феррита в структуре, что недопустимо. Стабилизирующими элементами являются марганец, сера, хром, никель и медь.

Более точная дозировка углерода возможна при непрерывном выпуске металла и шлака из вагранки, однако в целях повышения содержания углерода желателен прерывный выпуск металла из вагранки, а также снижение содержания стали в шихте, применение штыковых чугунов с высоким содержанием углерода.

Содержание *кремния* должно обеспечить повышенную графитизацию и заданную перлитовую (перлито-ферритовую) структуру. Узкие пределы содержания кремния — основной залог качества и однородности чугуна. Отклонения в содержании кремния, доходящие до 0,3—0,5% по вине шихтовых материалов или из-за отсутствия должного контроля за процессом плавки при одновременном отклонении в сечении стенок отливок, менее опасны и сказываются в значительно меньшей степени на структуре и твердости чугуна при наличии в нем никеля и хрома.

Содержание *марганца* определяется нормальными условиями шихтовки и плавки в вагранке.

Содержание *фосфора* регулируем в низких пределах, исходя из следующих соображений. В промышленных сортах серого чугуна фосфор не входит в твердый раствор, а образует свободную структурную составляющую — фосфидную эвтектику. Влияние фосфора на износ чугуна

определяется величиной и распределением фосфидной эвтектики, а также характером металлической основы, в которую эвтектика включена.

Форма фосфидной эвтектики относительно постоянна, а кажущиеся различия обусловлены разной величиной включений. Распределение фосфидной эвтектики в виде сетки является наиболее благоприятным с точки зрения снижения износа. Получение сетки облегчается при перегреве богатого фосфором (0,8—1% Р) чугуна в электропечи или при ускоренном охлаждении (в кокиле).

В перлитовом чугуне фосфор, начиная с содержания 0,7—0,8%, действует благоприятно в смысле износоустойчивости, но при плавке в вагранке чугуна с содержанием 0,8—1% Р и при сравнительно медленном охлаждении его в земляной форме трудно достигнуть раздробления фосфидной эвтектики в мелкую сетку.

Получающиеся отдельные крупные включения фосфидной эвтектики вредно влияют на стальной вал (в особенности на незакаленный) и ведут к повышенному задиранию и износу обоих трущихся тел. Экспериментально доказан¹ отрыв фосфидных включений и попадание их в сферу трения.

При повышенном содержании фосфора значительно снижается механическая прочность чугуна и его стойкость против ударных воздействий (при посадке, протяжке, в работе и т. д.). Значительно снижается также эластичность чугуна, ухудшается обрабатываемость и повышается литейный брак по рыхлоте и ликвационным явлениям.

Все эти соображения заставили ограничить верхний предел содержания фосфора до 0,2%.

Подшипники из высокофосфористых мягких чугунов (сетка фосфидной эвтектики на основе феррита) могут успешно работать лишь при очень обильной смазке, самом незначительном удельном давлении, при закаленных валах, при малых скоростях; в качающихся валах или там, где повышенный износ подшипника не играет роли, а, наоборот, важно сохранить вал.

Сторонники феррито-фосфидного чугуна обычно ссылаются на английские веретенные втулки, содержащие примерно 3,48% С, 2% Si, 0,17% Mn, 0,73% Р, структура которых представляет собой феррито-фосфидную эвтектику тонкой цепочкой и графит.

¹ Н. Г. Короленко, Износ серого чугуна при сухом трении, "Литейное дело" № 10—11, 1939.

Однако, по данным завода им. К. Маркса (Ленинград), не хуже работают и перлитовые малофосфористые втулки (перлит плюс 5—10% феррита, графит плюс следы фосфидной эвтектики; содержание фосфора примерно 0,28%, кремния 2,29%). Состояние перлитовых втулок после 25 мес. работы оказалось вполне удовлетворительным¹.

Отдельные же случаи неудовлетворительной работы перлитовых втулок объясняются большей частью неправильной механической обработкой посадочного гнезда, когда веретено располагается во втулках не вертикально, а наклонно, либо грубой обработкой веретен.

В отдельных случаях износу втулок способствовали остаточные заусенцы на отверстиях для подачи смазки, что давало кольцевую выработку веретена.

Этим, между прочим, подтверждается также необходимость более тщательной механической обработки чугуна перлитового класса, чем ферритового.

Содержание серы находится в обычных нормах ваграночной плавки².

Наличие никеля и хрома в соотношении 1:1 (причем содержание хрома не выше 0,35%) диктуется следующими соображениями.

1. Требуемая перлитовая структура получается во втулках и вкладышах с большим диапазоном сечений при одном и том же химическом составе, что весьма облегчает изготовление и приемку литья.

2. Повышение твердости чугуна при наличии никеля и хрома не сопровождается хрупкостью, появлением твердых пятен, отбелин и т. д., что особенно важно для втулок, которые в большинстве случаев сравнительно тонки и подвергаются точной механической обработке.

3. Хром при отсутствии смазки снижает износ чугуна в силу упрочнения структуры и измельчения зерна. С этой точки зрения содержание хрома могло бы быть увеличено. Однако при этом возникает опасность появления в структуре твердых карбидов, что вредно отражается на обрабатываемости чугуна и вызывает задиры сырых стальных валов.

4. Никель является графитизирующим элементом.

¹ Веретено имеет высокую твердость (61 по Роквеллу, шкала С). Структура — мелкопластинчатый мартенсит; удельное давление незначительное, линейная скорость 5 м/сек.

² Н. И. Фейгин и Н. С. Массовер, Определение допустимого содержания серы в чугуном тонкостенном (мелком) литье, журн. „НИИМАШ“ № 8, 1933.

Наличие *меди* и *алюминия* в небольших количествах полезно в силу следующих соображений. Алюминий при содержании 0,1—0,15% раскисляет чугун и несколько укрупняет графит. Медь в количестве $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ от никеля действует графитизирующе, одновременно повышая плотность и твердость.

Содержание углерода в перлите повышается, т. е. возможно повышение содержания углерода, связанного в основной массе, без риска получить структурно свободный цементит. Способность меди повышать устойчивость чугуна против коррозии и сопротивляемость окисляемости, особенно в сочетании с никелем и хромом, благоприятно отражается

на износоустойчивости чугуна.

Никель, хром, медь и алюминий в пределах содержания их в чугунах Ц-1 и Ц-2 не образуют самостоятельных структурных составляющих; они входят в твердый раствор с железом. Эти элементы могут и вообще отсутствовать, но при этом усложняется технология получения перлитовой структуры и несколько снижается стойкость подшип-



× 500

Фиг. 3. Структура чугуна Ц-3 (характерны редкие мелкие включения меди).

ников. С другой стороны, дальнейшее увеличение числа специальных элементов или повышение их содержания имеет и отрицательные стороны (удорожание литья, дефицитность). Например, повышение содержания никеля (до 1—1,5%) весьма полезно, но отражается на общедоступности изготовления и на стоимости.

В ЦНИИТМАШ в настоящее время ведутся работы по подысканию новых марок антифрикционных чугунов. Эти поиски направлены к получению обогащенной графитом плотной перлитовой поверхности чугуна и к получению перлитовых чугунов пониженной твердости. В качестве графитизаторов для присадки в ковш применяются медь, чистый графит и ферросилиций. Одна из разработанных марок (Ц-3) уже успешно апробирована на нескольких заводах („Карболит“, Камнелитейный и на метро).

Типичный химический состав чугунов марки Ц-3 следующий: 3,38% С, 2,85% Si, 0,96% Mn, 0,14% P, 0,115% S, 0,27% Cr, 0,32% Ni, 0,11% Al, 0,82% Cu.

Структура — пластинчатый и тонкопластинчатый перлит (фиг. 3), фосфидная эвтектика в виде отдельных мелких включений до 5% феррита и отдельные мелкие включения меди. Твердость 180—200 по Бринеллю.

Чугун марки Ц-4 (испытан на тормозах велосипедов) характеризуется повышенным содержанием графита на весьма твердой основе. Марка эта применима для валов высокой твердости. Химический состав Ц-4: 3,4% С, 1,7% Si, 0,55% Mn, 0,4% P, 0,12% S, 0,3% Cr и 0,5—0,6% Ni.

Микроструктура основной массы и ее обоснование

В 1897 г. Шарпи установил, что антифрикционный сплав должен состоять из мягкой основы с вкрапленными в нее твердыми составляющими. Металл должен быть в достаточной степени пластичным, для облегчения притирки к шейке оси и восприятия ее очертаний. В случае перегрузки отдельных точек вкладыша твердые кристаллы вдавливаются в пластичную массу, и таким образом распределение нагрузки выравнивается по всей рабочей поверхности подшипника. Вместе с тем пластичная масса, по принципу Шарпи, изнашивается скорее, чем кристаллы твердых составляющих, и последние, выступая с поверхности, воспринимают на себя давление шейки оси. Поэтому между ними и основной массой образуются микроскопические каналы, по которым усиленно циркулирует смазка, уносящая с собой продукты износа.

Исследования показали, что принципу Шарпи удовлетворяют не только комбинации из твердых частиц сурьмы на пластичной основе меди и олова (баббиты), но и комбинации на той же основе твердых частиц бария, кальция, натрия, калия, лития и магния. Отсюда возникла мысль о том, что и другие комбинации твердых частиц на мягкой основе могут дать тот же эффект.

Осуществление принципа Шарпи в сером чугуне возможно в следующих вариантах:

Твердые включения

1. Цементит в перлите
2. Перлит
3. Фосфидная эвтектика
4. Фосфидная эвтектика

Мягкая основа

- Феррит в перлите
Феррит
Феррит
Перлит

Таким образом принимаем, что феррит мягок по сравнению с перлитом, а перлит — по сравнению с фосфидной эвтектикой, и т. п. При этом более твердые включения должны быть равномерно распределены на мягкой основе.

Соотношение же между количеством твердых зерен и основной массой должно быть таким, чтобы металл не был хрупким при значительном содержании зерен и слишком мягким вследствие избытка основной массы.

Из перечисленных вариантов лучшие результаты дает первый (основная перлитовая масса, феррит и цементит структурно связаны). Последний вариант лучше третьего, так как фосфидная эвтектика более прочно залегает в пер-

литовой массе. Несмотря на то, что включения фосфидной эвтектики легче утопают в мягком феррите под воздействием нагрузки от вала, разность в твердостях и износостойкости этих структурных составляющих слишком велика, твердые частицы могут выступить в виде островков. Очевидно, что удельное давление при этом резко повысится; кроме того, неизбежно срезание хрупких включений фосфидной эвтектики, как и последующий



Фиг. 4. Строение перлита при $\times 3250$.

абразивный износ мягкой массы феррита.

Второй вариант неудовлетворителен, в общем, по тем же причинам, так как перлит легко выкрашивается из ферритовой массы и изнашивает ее. Перлит должен обладать, а феррит — быть структурно связанным.

Вместе с тем первый и четвертый варианты обеспечивают вполне удовлетворительную обрабатываемость, что очень существенно для чугуна литья.

Таким образом чугуны Ц-1 и Ц-2 в основном удовлетворяют принципу Шарпи: твердые частицы — цементит в перлите и фосфидная эвтектика в виде мелких включений в небольшом количестве — находятся на мягкой основе феррита в перлите и структурно свободного феррита.

При большом увеличении перлита видно, что пластинки цементита находятся на фоне феррита (фиг. 4). Перлит содержит 6,5 частей феррита на 1 часть цементита. Твердость по Бринеллю: феррита 80—90, цементита 800, пер-

лита 200. Сорбитообразный перлит менее удовлетворяет принципу Шарпи.

В серых чугунах весь связанный углерод практически находится в перлите. Перлитовая структура — естественное состояние чугуна при определенном химическом составе и толщине стенок отливки. Однако систематическое получение в производственных условиях перлитовой основной массы без выделения цементита и с выделением феррита в строго определенных пределах (до 15%) представляет ряд трудностей и облегчается легированием чугуна.

Легированный чугун отличается большей устойчивостью против износа, так как легирующие элементы, особенно хром, упрочняют и стабилизируют перлит.

Ввиду трудности получения в производстве чистой перлитовой структуры, предусматривается допустимое отклонение в сторону феррита в практически осуществимых пределах $\pm 15\%$. Наличие 10—15% феррита в структуре при содержании до 85% перлита сравнительно мало сказывается на сопротивлении чугуна износу. Такое незначительное количество феррита, несколько повышая пластичность чугуна, в отдельных случаях эксплуатации даже полезно.

Хорошие эксплуатационные свойства перлитовых чугунов с точки зрения износа подтверждаются данными опытов (табл. 4, 5, 7, 18).

Ферритовые антифрикционные чугуны, как уже сказано, пригодны лишь для наиболее легких условий работы или там, где допускается сравнительно повышенный износ подшипников или требуется сохранение дорогостоящего вала. Продукты истирания (металлические частицы в большом количестве плюс графит, плюс смазка, окислы) действуют на вал и на чугун подобно наждаку. При несколько повышенных удельных давлениях и скоростях ферритовый чугун быстро изнашивается, чему способствует свойство феррита налипать на спаренное с ним тело.

Удовлетворительный вначале износ (связанный с упрочнением, наклепом, глазированием мягкого ферритового чугуна) часто сменяется сильным износом материала и катастрофическим внезапным отказом в работе (табл. 7).

Между чисто ферритовым и чисто перлитовым чугуном находится ряд типичных структур чугуна с промежуточными значениями износа (наибольшими у ферритового чугуна и наименьшими у перлитового). Еще в своей первой

Шайбы (двухшест- сая)	Шайбы (не- подвижного)	Время испы- тания в мин.	Нагрузка в с	Колличество испытаний	Средний потеря в весе в с		Средняя суш- карная порья в весе в с	Скорость вра- щения валика в об/мин	Твердость				Примечание
					шайбы	образца			по Рок- веллу	по Брн- шкала В	шайбы	образца	
35-4	8	20	430	7	0,3098	0,0012	0,3110	480	63,0	110-112	114	114	Шайбы: чугуна, стенка цилиндра блока ЗИС (Москва)
35-5	2	20	430	6	0,4530	0,0080	0,4610	480	61,5	110	113	113	
35-9	4	20	430	11	0,3350	0,0003	0,3353	480	63,5	110	114	114	
134П-4	7	20	430	3	0,4845	0,0293	0,5138	480	63,0	110	110	110	
686П-3	0	20	430	3	0,4514	0,0118	0,4632	480	62,5	110	110	110	
С е р и я 1													Образец: чугуна, кусок поршневого кольца мотора ЗИС (Москва)
114П-1	1	20	430	4	0,0015	0,0009	0,0024	480	79,0	148	105	105	
134П	3	20	430	4	0,0034	0,0020	0,0054	480	80,0	150	108	108	
686П	10	20	430	4	0,0021	0,0004	0,0025	480	79,0	148	108	108	
С е р и я 2													

работе¹ мы могли убедиться, что структура, подобно твердости, является контрольным фактором износа, если она резко выражена. Значительно труднее учесть износ по „смешанной“ структуре, содержащей, наряду с перлитом, и феррит, и цементит, и фосфиды и т. п. Ниже приведены результаты исследований износа ряда структур чугунов, расположенных в порядке возрастающих содержаний перлита и твердости и снижения износа (на машине Шпинделя¹):

Твердость по Бринеллю

92 103 155 217 187 186 187 187

Время истирания до достижения хорды сегмента 40 мм (машина Шпинделя)

0 м. 22 с. 1 м. 16 с. 1 м. 32 с. 1 м. 40 с. 2 м. 4 с. 2 м. 53 с. 2 м. 8 с. 3 м. 5 с.

Приведенные в табл. 2 данные на основе наших лабораторных исследований интересны в том отношении, что они четко иллюстрируют скачкообразность кривой зависимости износа от твердости при наименьших значениях твердости (ферритовая структура). Серия 2 показала значительно большую устойчивость против износа, чем серия 1.

В табл. 3 приведены данные по нескольким характерным случаям² неудовлетворительной работы чугуна с повышенным содержанием феррита в структуре или фосфора и удовлетворительной — перлитового чугуна.

Из огромного числа втулок, поставленных на металлорежущих станках завода Ростсельмаш (около 500 в 1936—1937 гг.), только незначительная часть из числа успешно проработавших в течение 1—2 лет была нами подвергнута лабораторным исследованиям, ввиду отказа завода вскрыть нормально работающие станки. Результаты замеров износа наряду с характеристиками гнезд трения приведены в табл. 4 и 5.

¹ Н. Н. Фейгин, Изнашиваемость и обрабатываемость чугунного литья, Металлургиздат, 1933. Д. В. Конвисаров, Износ металлов, ГОНТИ, 1938.

² Взятые из нашей практики массовых эксплуатационных испытаний на металлорежущих станках (около 300 втулок), проведенных при тщательной технической документации. За отсутствием места ограничиваемся лишь несколькими примерами.

Наименование гнезда трения	Микроструктура	Условия работы	Оценка работы
Вкладыш вала очистного бара- бана литейной	Перлито-сорбито- вая, мелкие вклю- чения фосфидной эв- тектики	Неудовлетв., $Pv =$ $= 74,10 \text{ кгм/см}^2 \cdot \text{сек}$ Недостаток смаз- ки, пыльность	Большой износ, но меньше бронзы
Втулка эксцен- трикового вала молота Брайлей	75% феррита, мел- кие и крупные вклю- чения фосфидной эв- тектики	Неудовлетв., $Pv =$ $= 1,90$ недостаток смазки, пыльность	Большой износ (боль- ше бронзы)
Втулка кониче- ской шестерни пе- редаточного вала	То же	То же $Pv = 1,53$	То же
Втулка шестер- ни шпинделя (ста- нок для доводки резьб)	100% феррита, мел- кие включения фос- фидной эвтектики	Удовлетв., $Pv =$ $= 0,037$	"
Втулка вала ро- тора электромо- тора	Перлито-сорбито- вая, крупные вклю- чения фосфидной эв- тектики	Неудовлетв., $Pv =$ $= 2,47$	"
Втулка проме- жуточного валика коробки скоростей вертикально-фре- зерного станка	Перлит, крупные включения фосфид- ной эвтектики	Удовлетв., $Pv =$ $= 5,88$	"

Примечание. P — удельное давление в кг/см^2 ;
 v — окружная скорость в м/сек .

Значительный интерес представляют данные (хотя и условные) лабораторных испытаний чугунов и бронз, проведенные в лаборатории Уральского завода тяжелого машиностроения со смазкой при $v = 1,27 \text{ м/сек}$ (табл. 6).

Как видно из табл. 6, чугуны при данном условном лабораторном режиме значительно лучше работают на износ, чем бронзы; в то же время чугуны перлитового класса работают лучше чугунов ферритового класса.

Работа Харьковского отделения ВИСХОМ по подбору чугуна для колесных втулок тракторных плугов¹ подтверждает изложенные выше соображения о поведении

Таблица 4

Название втулки	Название станка	Удельное давление в кг/см ²	Окружная скорость в м/сек	Износ вала в мм	Износ втулки в мм	Срок службы
Втулка вала наждачных камней	Точило Блау	1,86	3,66	—	0,15	1,5 года
Втулка фрикционного валика	Токарный станок Магдебург	5	0,61	0,02	—	240 дней
Втулка промежуточного валика	То же	6,8	0,43	0,01	0,17	240 "
То же	"	14	0,24	0,03	0,03	240 "
Втулка передаточного валика к шпинделю	"	12,3	0,23	0,01	0,17	240 "
То же	"	8,6	0,76	0,04	0,17	240 "
Втулка второго промежуточного валика	"	14	0,24	0,02	0,11	240 "
Втулка передаточного валика к шпинделю	"	8,6	0,76	0,03	Нет	240 "
Разные втулки	Футборт	—	—	0,00	0,02	240 "
		—	—	0,01	0,04	240 "
		—	—	0,03	0,02	240 "
		—	—	0,00	0,03	240 "
		—	—	0,01	0,03	240 "

чугунов в качестве подшипникового материала, а именно (табл. 7):

1. Мягкие феррито-перлитовые чугуны дают наибольший износ.

¹ Рукописный отчет.

Наименование втулки	Продолжительность работы в часах		$P \times \frac{1}{v}$ в $\frac{кг \cdot см}{сек}$	Удельное давление в $\frac{кг}{см^2}$	Окружная скорость в $\frac{м}{сек}$	Материал вала	Твердость по Бринеллю		Условия работы (смазка, пыльность)	Износ в мм		Выписки из отзывов завода
	чугун	бронза					вала	втулки		чугуна	шейки вала	
Втулка поводкового шнека круглошлифовального станка	180	180	1,5732	2,3	0,684	Ст. 5, закаленная в масле	250	177	Неудовлетв.	0,19	0,01	Чугун вполне заменяет бронзу в данном узле
Втулка поводкового шнека круглошлифовального станка	504	180	8,964	8,3	1,08	Ст. 5	160	193	На поверхность попадает наждачная пыль	0,17	0,02	
Втулка ведущего валика коробки скоростей (вертикально-фрезерный станок)	1008	—	8,82	12,6	0,7	Ст. 5	165	205	Удовлетв.	—	0,06	Непредвиденное очень большое и неравномерное давление привело к большому износу втулок
Втулка передаточного валика коробки скоростей вертикально-фрезерного станка	1008	—	17,68	10,4	1,7	Ст. 5	165	211	"	0,17	0,03	
Вкладыш вала очистного барабана литейной	668	—	74,10	23,5	2,6	Ст. 5	160	240	Неудовлетв.	Большой износ		Исключительно неблагоприятные условия работы Завод довелен результатами испытания Вполне удовлетворен работой
Втулка поводкового шнека	1296	180	7,56	7	1,08	Ст. 5	160	208	"	То же		
Втулка шпанделя станка для доводки резьбы	24 дня	16 дней	0,04	0,26	0,18	Ст. 5	170	150	"	0,11	0,07	—

Таблица 6

Наименование чугунов и бронз (марки)	P в кг/см ²	Износ в м/г за 3 ч. 40 м.	Коэффициент тре- ния (крайние значения для дан- ных нагрузок)	Темпера- тура в °С
Вкладыш из чугуна ЧЛА 3,3—3,5 ⁰ / ₀ С, 2,5—3,0 ⁰ / ₀ Si, 0,7—0,8 ⁰ / ₀ Mn, 0,8—1,0 ⁰ / ₀ P, ≤ 0,08 ⁰ / ₀ S, сетка фосфидной эвтек- тики на феррито-гра- фитной основе	5	3,0	0,0098—0,0136	33—42
	10	5,8		
	15	10,4		
	20	16,2		
	25	23,0		
ЧЛА залит в кокиль и закален	5	21,9	0,009—0,013	40—49
	10	44,3		
	15	50,0		
	20	58,0		
ЧЛА залит центробеж- ным способом	5	8,8	0,0067—0,015	36—40
	10	16,8		
	15	20,0		
	20	24,6		
Ц-1 (ЦНИТМАШ), вы- плавленный на Ураль- ском заводе тяжелого машиностроения	5	0,4	0,0063—0,0038	32—45
	10	1,6		
	15	2,2		
	20	3,0		
	25	3,8		
	30	4,2		
	35	4,8		
ЦНИТМАШ (Ц-2) (втулка со склада)	5	3,2	0,0074—0,0141	25—40
	10	5,6		
	15	6,2		
	20	7,2		
	25	7,6		
	30	8,0		
	35	8,8		
	40	9,0		
Импортные сегменты от втулки расточного станка (перлитовая основа)	5	2,0		
	10	2,8		
	15	3,6		
	20	2,6		
	25	2,6		
	30	1,8		

Наименование чугунов и бронз (марки)	R в кг/см ²	Износ в м/г за 3 ч. 40 м.	Коэффициент тре- ния (крайние значения для дан- ных нагрузок)	Темпера- тура в °С
Бронза „6-6-3“ 6,0% Sn, 6,0% Zn, 3,0% Pb, ост. — медь	5	53,0	0,007—0,019	33—58
	10	58,2		
	15	64,6		
	20	82,6		
Латунь „Л-С-П“ 23,0% Zn, 3,0% Fe, 5,5% Al, 0,8% Mn, ост. — медь	5	76,4	0,0160—0,0285	33—70
	10	146,0		
	15	183,6		
	20	301,4		
	25	392,2		
Латунь марганцовистая 57,0% Cu, 2,5% Mn, 1,5% Pb, 1,5% Al, ост. — цинк	5	52,6	0,0226—0,0028	38—47
	10	76,2		
	15	84,2		
	20	83,8		
	25	91,8		
	30	183,4		
	40	245,0		
Бронза „ОС-8-12“ 8,0% Sn, 12,0% Pb, ост. — медь	5	5,0	0,0105—0,016	24—34
	10	11,8		
	15	14,2		
	20	20,6		
Бронза „ОС-3-30“ 3,0% Sn, 30% Pb ост. — медь	5	1,4	0,0083—0,0152	29—43
	10	5,2		
	15	6,4		
	20	7,2		
	25	8,2		
Бронза ОФ10-1 10,0% Sn, 1,0% P, ост. — медь	5	8,8	0,0084—0,014	35—37
	10	40,5		
	15	47,6		
	20	83,0		
	25	133,8		
Бронза свинцовистая 8,0% Sn, 21% Pb, ост. — медь	5	3,2	0,0079—0,0141	25—48
	10	5,6		
	15	6,2		
	20	7,2		
	25	7,6		
	30	8,0		
	35	8,8		
	40	9,4		

2. Анализ хода износа во времени показывает, что в первые 40 час. работы существенной разницы в износе отдельных сортов чугуна нет, но уже после 100—150 час. замечается резкая дифференциация в сторону катастрофического износа мягкого феррито-перлитового чугуна. Это обстоятельство внезапного износа для ферритового чугуна чрезвычайно характерно.

Величина износа чугунов Ц-1 и Ц-2 зависит:

Таблица 7

1) от условий эксплуатации и возрастает с увеличением Pv , а также при неблагоприятных условиях (отсутствие смазки, пыльность и т. п.);

2) от качества материала (чугуна) и увеличивается с повышением содержания феррита в структуре.

Во всяком случае износ чугуна не превышает износа бронзы (и лома бронзы) за тот же срок службы.

Структура втулки	Износ в мм		
	через 40 час.	через 100 час.	через 150 час.
Сорбитовая	0,1	0,36	0,42
Перлитовая	0,25	0,48	0,62
Феррито-перлитовая (твердая)	0,16	0,45	0,95
Феррито-перлитовая (мягкая)	0,2	2,0	4,8

Назначение графита

Графит, как наиболее мягкая структурная составляющая, легко выкрашивается, создавая разрывы поверхности; мелкий графит дает большее количество разрывов, чем крупный. Такое „ранение“ поверхности способствует повышению ее окисления, и тем самым износу. Если к тому же выделения графита образуют замкнутые контуры, то при интенсивном трении могут произойти скалывания целых „глыб“ с поверхности материала.

Особо резко выражены эти явления при сухом трении. При работе со смазкой последняя попадает в выемки, образованные выкрошившимся графитом, что снижает работу трения и износ. Однако смазка с примесью естественного графита полезна, если не примешиваются продукты истирания. При наличии же металлической пыли (большого количества) смазка загустевает, теряет свои ценные коллоидные свойства, и образуются комки массы, действующие подобно наждаку.

На основании сказанного, проблема графита в износостойких чугунах, работающих со смазкой, решается следующим путем.

1. Количество графита в чугуна для улучшения смазки и смазывающих свойств масла должно быть повышенным. Повышение количества графита допустимо только при прочной, устойчивой против износа металлической массе, дающей незначительное количество продуктов истирания и из которой выкрашивание графита затруднено.

2. Повышенному количеству графита на перлитовой основе обычно сопутствует (в случае ваграночного чугуна) пластинчатая форма, без замкнутых контуров. В таком чугуна графит при механической обработке выкрашивается, и поверхность трения представляет собой плотную монолитную основу, испещренную мельчайшими „порами“; таким образом отчасти решается сложнейшая металлургическая и металло-керамическая задача получения пористости на плотной металлической основе. Пористость (раковистость) как литейный вид брака ни по происхождению, ни по характеру своему не имеет ничего общего с пористостью, являющейся следствием выкрашивания графита.

В литературе по износостойким чугунам имеются большие разногласия по вопросу об оптимальном графите. Мы считаем, что это связано с неопределенностью и субъективностью метода оценки графита отдельными исследователями, применением таких неточных терминов, как крупный, мелкий и средний графит. Графит, названный одним исследователем крупным, назван другим — средним, и т. д.

Нами разработан¹ в развитие общесоюзного стандарта на отливки из серого чугуна $\frac{\text{ОСТ } 8827}{\text{НКТП } 2178}$ проект стандарта на классификацию и методы определения микроструктуры чугуна литья (ОСТ 26049).

Ввиду особой важности вопроса о качестве и количестве графита в антифрикционном чугуна остановимся на нем несколько подробнее.

В основу классификации графита положены его величина, форма и распределение. За величину графита принято среднее арифметическое из трех наибольших по длине пластинок графита, измеренных на нетравленном шлифе в трех полях зрения.

По форме различают прямолинейный, завихренный и дендритно расположенный (дендритообразный) графит.

¹ Н. И. Фейгин и Н. Г. Короленко, К созданию ОСТ „Классификация и методы определения микроструктуры отливок из серого чугуна“, „Вестник стандартизации“ № 8, 1937.

Прямолинейный графит — графит, пластинки которого прямолинейны или близки к прямолинейной форме, образуют ломаную линию с возможным образованием прямолинейного незамкнутого или замкнутого контура.

Завихренный графит — графит, пластинки которого имеют криволинейную форму и образуют замкнутый или незамкнутый криволинейный контур.

Дендритообразный графит — графит, пластинки которого расположены в виде скоплений дендритной формы.

Кроме марок, приведенных в табл. 8, установлены марки по перлиту, ферриту и фосфидной эвтектике.

Замена субъективной оценки структуры объективной, разумеется, позволит, наконец, широко применять метод приемки и браковки чугуна по данным металлографического исследования и приведет к единообразию мнений по важнейшим спорным вопросам металлографии чугуна.

В соответствии с этой классификацией оптимальная структура антифрикционного чугуна Ц-1 читается следующим образом: Г1 + Г2П2Э34, т. е. крупный прямолинейный графит, среднепластинчатый перлит и отдельные включения мелкой фосфидной эвтектики.

Таблица 8

Марка чугуна	Характер графита	Длина пластинок в мм	
		при $\times 100$	действительная μ
Г-1	Крупный	Свыше 30	Свыше 300
Г-2	Средний	15—30	150—300
Г-3	Мелкий	8—15	80—150
Г-4	Очень мелкий . .	До 8	До 80
Г-5	Точечный ¹	—	—

¹ На практике этот графит называют эвтектическим (дендритно расположенным).

Твердость по Бринеллю

В специальной литературе ведутся споры о том, определяет ли твердость чугуна его износ.

Сформулируем наше мнение.

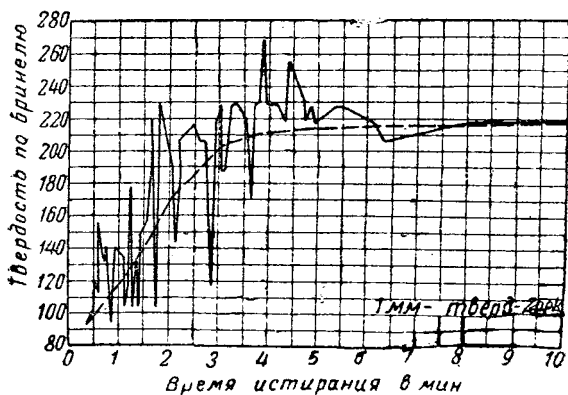
1. Кривые или математические выражения зависимости износа от твердости по Бринеллю не могут быть едиными для разных материалов (бронза, чугун, сталь и т. п.). Для одного и того же материала (и то только в определенных пределах), например для чугуна в пределах 115—220 по Бринеллю, с увеличением содержания перлита (практически с увеличением твердости) износ падает (фиг. 5).

В пределах иных твердостей того же чугуна зависимость может быть иной.

2. Решающее значение имеет режим работы детали. Твердость чугуна должна быть подобрана с учетом фактора эксплуатации (удельное давление, окружная скорость, твердость сопряженного тела, наличие абразивов и т. п.).

3. Зависимость износа от твердости становится очевидной, если она контролируется показаниями микроскопа (металлографическим исследованием).

4. В пределах перлитовой (особо интересующей нас) области возможны значительные колебания твердости в зависимости от дисперсности перлита, крупности графита и т. п. и известные колебания износа (см. фиг. 5).



Фиг. 5. Характерный график зависимости между износом и твердостью чугуна (Фейгин, 1930).

Коэффициент трения. Твердость сопряженного тела

На установке ЭНИМС при участии доц. Л. А. Гинзбурга было проведено исследование в целях определения коэффициента трения и величины износа чугунов при разных режимах работы и разной твердости валов.

Лабораторная установка позволяла испытывать одновременно одну втулку с индивидуально подобранным для каждой втулки валиком. Вращение валика во втулке производилось электромотором. Смазка из капельной масленки подводилась непосредственно в отверстие втулки.

Замерялись удельная нагрузка, окружная скорость, количество смазки (капель), твердость валика, твердость втулки, состояние трущихся поверхностей втулки и

вала до и после испытаний, температура в начале испытаний, температура разогрева, износ (размерный) чугушной втулки и вала, потеря в весе втулки, коэффициент жидкостного трения и момент трения.

Испытания велись при постоянной скорости в 2,5 м/сек и меняющейся нагрузке. Продолжительность каждого испытания — 20 час. Предварительная притирка (без нагрузки) производилась в течение 30 мин.

Валики применялись стальные — сырые и закаленные. Структура закаленных валиков — мартенсит. Структура чугуна — средний пластинчатый и завихренный графит, пластинчатый и тонкопластинчатый перлит и отдельные включения мелкой фосфидной эвтектики. По содержанию феррита испытанные чугуны можно разбить на две группы: от 5 до 15% и от 15 до 30% феррита; по разработанной нами классификации микроструктур серого чугуна это — чугуны марок Ф6 и Ф5.

Крайне характерно, что распределение по микроструктуре, вернее по основной структурной составляющей — по ферриту, получило полное отражение в химическом составе и твердости чугунов каждой группы. Точности распределения по группам способствовала стандартизация структурных составляющих, принятая в упомянутой выше классификации микроструктур.

Средние цифры износа и коэффициент трения втулок и стальных валиков по данным исследования приведены в табл. 9.

Таблица 9

$P \times v$	Температура в °С	Износ в мм		Коэффициент трения	Момент трения
		чугунной втулки	стального вала		
10,6	10	0,0080	0,0017	0,0357	0,0620
16,1	15	0,0095	0,0060	0,0260	0,0750
26,8	16	0,0250	0,0130	0,0181	0,0750
32,2	17	0,0207	0,0084	0,0161	0,0956
37,5	17	0,0200	0,0110	0,0133	0,0812

Данные исследования показали (фиг. 6) следующее:

1. С повышением произведения $P \times v$ с 10 до 40 кгм/см²·сек износ чугушной втулки и стального вала возрастает, коэффициент трения непрерывно падает, показывая четкую и обратную зависимость от Pv (полужидкостное трение). По

абсолютной величине коэффициент трения чугуна мало отличается от коэффициента трения бронзы¹ (см. также табл. 6).

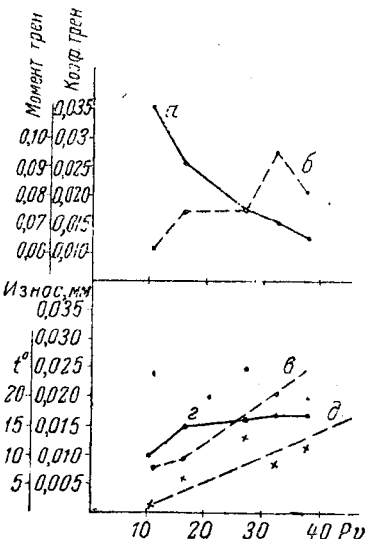
2. При одном и том же Pv сырой вал более изнашивается, чем закаленный.

3. Чугун с повышенным содержанием феррита в структуре (15—30%) обнаруживает большую чувствительность к повышению Pv . Помимо износа, на трущейся поверхности появляются задиры (уже при $Pv = 16$); при $Pv = 40$ имеются случаи заедания. Величина износа чугунной втулки и вала особенно резко возрастает, если вал закаленный.

4. Износ стального вала меньше при работе с более твердым чугуном.

5. При сочетании мягкого чугунного подшипника с мягким валом получается больший ободный износ, чем при работе твердого вала в твердой втулке, и больший нагрев; кроме того, ухудшается состояние поверхности, что соответствует, между прочим, выводам из наших работ по поршневым кольцам².

6. Износ стального вала (сырого или закаленного) в подавляющем большинстве случаев оказался меньшим, чем износ чугуна.



Фиг. 6. Данные лабораторных испытаний.

Коэффициент трения a , момент трения $б$, износ чугунных втулок $в$, температура $г$, износ стальных роликов $д$ — в зависимости от Pv .

Обобщая эти данные с многочисленными эксплуатационными испытаниями (см. раздел „Перечень узлов трения“), можно сказать, что:

1) при повышенных удельных давлениях желательно, чтобы твердость вала была выше твердости подшипника;

¹ Это подтверждается, например, при испытаниях чугунного тормоза в велосипедах.

² Н. И. Фейгин, Повышение износоупорности деталей поршневой группы „Вестник металлопромышленности“ № 14—15, 1937, „Литейное дело“ № 10—11, 1939.

2) перлитовые чугуны с несколько повышенным количеством укрупненного графита и с пониженной твердостью (150—160 по Бринеллю) с особым успехом работают при сырых валах;

3) перлитовые чугуны Ц-1 и Ц-2 с несколько повышенным количеством графита и с повышенной твердостью (220—240 по Бринеллю) с особым успехом работают в промышленности при закаленных валах.

В табл. 10 приведены данные, полученные в лаборатории металлизации Научно-исследовательского института химического машиностроения на машине Амслера при работе чугуна Ц-1

с весьма твердым роликом (металлизированным высокоуглеродистым покрытием). Эти данные показывают, что даже при больших нагрузках износ, коэффициент трения и состояние поверхности весьма удовлетворительные. Длительность испытаний составляла 6 час.; смазка — автол; трение скольжения.

Таблица 10

Нагрузка в кг/см ²	Износ в г/м·см ²		Коэффициент трения
	ролика с покрытием	антифрикционного чугуна	
50	0,000058	0,00029	0,003
	0,000013	0,00016	0,005
	0,000019	0,00045	0,004
75	0,000075	0,00048	0,003
	0,000064	0,00029	0,005
	0,000034	0,00069	0,005

Примечание. Задиров не наблюдалось; обе поверхности отполированы.

Благоприятное влияние повышенной твердости смежного тела на износ подтвердилось и при подборе качества чугуна для тормоза велосипеда Московского велозавода.

Чугун должен здесь работать длительное время (пробег порядка 5000 км). Условия эксплуатации следующие: удельное давление — около 60 кг/см², приложение нагрузки — ударное, окружная скорость 0,9 м/сек ($Pv = 54$). Работа на износ — двухсторонняя — со стороны тормозной камеры и стального кольца ($R_c = 60$ и $R_c = 40$). Смазка и защита рабочих поверхностей от пыли неудовлетворительная, получаютя комья, состоящие из смазки, продуктов истирания, песчинок и графита.

Результаты предварительного испытания на пробег 1700 км при ужесточенных условиях (скорости 50—

60 км/час, разгоны и т. п.) позволяют сделать следующие выводы:

1) путь торможения чугунного тормоза во всех стадиях пробега меньше, чем у бронзового;

2) состояние трущихся поверхностей чугуна лучше, чем у бронзы, и износ меньше;

3) рабочие поверхности тормозной камеры глазированные, блестящие;

4) износ чугуна наибольший со стороны внутренней, прилегающей к стальному цементированному кольцу ($R_C = 33 - 48$);

5) износ чугуна весьма незначителен с внешней стороны, прилегающей к тормозной камере ($R_C = 60$);

6) оптимальные результаты показала наиболее твердая комбинация твердостей чугуна, камер и стального кольца:

$$\frac{H_B}{460 : 240 : 600} \quad \text{или} \quad \frac{R_C}{48} : \frac{H_B}{240} : \frac{R_C}{60} ;$$

7) технические условия на основные детали нового тормоза:

Тормозная камера	$R_C \geq 60$
Железное кольцо	$R_C \approx 45-48$
Чугунное кольцо	$H_B \approx 220-240$ (марка Ц-4)

Микроструктура чугунного кольца — основная перлитовая масса (сорбитообразный перлит), двойная (возможно тройная) фосфидная эвтектика, средний и мелкий графит; цементит и феррит не допустимы.

Лаборатория Климовского завода дает новое подтверждение изложенного выше.

Обмер валов и подшипников, произведенный на фабрике „Десятилетие Октября“ лабораторией Климовского завода на шести опытных станках с различными комбинациями твердости валов и чугунных подшипников, позволил сделать следующие выводы:

1) все валы имеют незначительный износ и вполне пригодны для дальнейшей работы;

2) коленчатые валы низкой твердости дали худшие результаты; не следует поэтому допускать установки валов твердостью менее 150 по Бринеллю;

3) для предотвращения задиров и повышенного износа валов не следует допускать установку подшипников с твердостью выше 229 по Бринеллю;

4) замена бронзовых подшипников подшипниками из перлитового чугуна на ткацких станках полностью себя оправдала. Отсутствие хорошей пригонки цапф к подшип-

нику обуславливает в первый период работы станка тяжелое вращение его и перегрев мотора, а отсюда, как следствие, плохой пусковой момент станка, некоторые трудности наладки боевого механизма и привода станка.

Поэтому необходимо обеспечить хорошую пригонку цапф к подшипнику, причем желательнее производить предварительную приработку их на смазке, обогащенной графитом, имея в виду, что чугун значительно труднее прирабатывается, чем бронза.

В заключение отметим имеющее теоретический интерес обстоятельство, выявленное при испытании чугунных подшипников нормальных железнодорожных вагонов.

Таблица 11

Подшипники из чугуна разных марок по окончании пробега на бутовом опытном кольце были подвергнуты испытанию на твердость с внешней и внутренней (рабочей) стороны. Оказалось, что рабочая поверхность во всех случаях (среднее из ряда отпечатков) тверже наружной (табл. 11).

Материал подшипника	Средняя твердость по Бринеллю		Рабочая поверхность тверже на единицу Бринелля
	внешняя сторона	внутренняя сторона	
Ковкий чугун . . .	120	226	97
Серый чугун Главтрансмаша (перлито-ферритовый) . . .	192	237	45
Чугун Ц-1, Ц-2 . . .	206	225	19
Чугун Архипова (феррито-графитовый)	137	151	14

Повидимому, это обусловлено, главным образом, наклепом.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧУГУНОВ Ц-1 И Ц-2

Чугуны типа Ц-1 и Ц-2 может изготавливать любая литейная, имеющая обыкновенную вагранку, но при условии грамотной ее эксплуатации. Технологический процесс устойчивый, и сплав получается кондиционного качества. Именно эти два момента обусловили преимущественное распространение этих чугунов. Характерно, что Коломенский завод им. Куйбышева, изготавливающий в массовом масштабе антифрикционный чугун Ц-2, получил ряд рекламаций, допустив отклонение по углероду и кремнию от технологического процесса ЦНИИТМАШ (углерод снижен до $3,0-3,2\%$, кремний — до $1,3-1,8\%$).

Болванки отливаются на этом заводе сифоном снизу в сухие открытые стержни, которые в количестве ~ 30 поставлены тесно один к другому. Наши исследования 24 болванок, отлитых таким способом, показали, что твердость болванок малых диаметров достигает 241—255 по Бринеллю при большом разбросе твердости в отдельных болванках одной и той же опоки (до 40 единиц). При этом выявляется как цементит, так и повышенное количество феррита.

Рабочая поверхность втулок должна быть плотной, мелкозернистой, без раковин, сыпи и рыхлот. Это достигается правильной техникой заливки. Литейный цех ЦНИИТМАШ производит заливку в сырую форму.

Формовочная земля. Литниковая система. Шихта. Плавка в вагранке

Формовочная земля характеризуется следующими данными: влажность 4—5%, крепость сырую на сжатие 0,15—0,26 кг/см², газопроницаемость 67—70 см/мин.

Литниковая система. В литейном цехе ЦНИИТМАШ применяется заливка втулок и болванок сифоном снизу в открытые в целях лучшего удаления газов формы. Стержень (при втулке) крепится сверху специальными стержневыми державками. Вкладыши заливаются обрабатываемой стороной книзу.

Шихта. Применяемая ЦНИИТМАШ шихта (наиболее рациональная) имеет следующий состав: 35—40% природно-легированного елизаветинского чугуна, 20% литейного, 30% отходов (нелегированные), 5% стали, 2% зеркального чугуна и 1% ферросилиция.

Медь лучше всего добавлять в горячий ковш (наполненный на одну треть металлом) в виде стружки или предварительно сильно нагретых кусочков толщиной 5—10 мм и длиной до 50 мм. По нашим данным, а также по литературным источникам потери меди практически равны нулю. Алюминий в виде кусочков добавляют в жолоб. Медь и алюминий можно вводить в виде лигатуры (2 части меди плюс 1 часть алюминия), присаживая ее в количестве 5—6 кг на тонну металла.

Плавка в вагранке. Плавка в вагранке — нормальная, с выпуском горячего чугуна (1380—1420°). Высокая температура чугуна — одно из обстоятельств, способствующих замедлению остывания и, следовательно, графитизации.

Колебания твердости чугуна в пределах перлитовой структуры

Исследование колебания твердости чугуна в пределах перлитовой структуры имеет существенное практическое значение, так как приемка литья производится по показаниям микроскопа и пресса Бринелля. Вопреки общепринятым взглядам, согласно которым перлитовая область серых чугунов охватывает твердости порядка 180—200, наши исследования показали, что и при 155—160 по Бринеллю антифрикционные чугуны имеют основную перлитовую структуру при повышенном количестве укрупненного графита.

Такие перлитовые чугуны с несколько повышенным количеством укрупненного графита и пониженной твердостью с успехом работают, особенно при сырых валах. Если же пониженной твердости сопутствуют выделения феррита, то чугун работает неудовлетворительно.

Исследованию подвергались 18 болванок (табл. 12) диаметром 20—100 мм (плавка № 1) и 7 болванок диаметром 110—250 мм (плавка № 2).

Болванки испытывались в горизонтальном сечении по направлению от края к середине на твердость по Бринеллю и микроструктуру.

Химический состав исследованных чугунов приведен в табл. 12.

Таблица 12

№ плавки	Диаметр болванок в мм	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
1	20—100	3,48	2,21	0,97	0,13	0,08	0,20	0,35	0,24
2	110—250	3,10	1,97	0,61	0,13	0,09	0,20	0,50	0,20

Разность в твердости между краем и серединой и средняя твердость в сечениях приведены в табл. 13.

Структура основной массы в практическом разрезе неизменна: тонкопластинчатый перлит, отсутствие феррита и цементита и мелкая фосфидная эвтектика; уточненная и объективная оценка по разработанной нами классификации, однако, дает возможность заметить уплотнение

перлита в тонких сечениях (П-2 вместо П-3, П-4 вместо П-3).

В отношении графита наблюдается ясно выраженная при переходе к более толстым сечениям тенденция к повышению количества и к укрупнению (от Г-3 к Г-1).

Снижение твердости в более толстых сечениях обусловлено, следовательно, укрупнением графита и перлита.

Таблица 13

Диаметр болванок в мм	Разность в твердости по Бринеллю между краем и серединой	Средняя твердость по Бринеллю в сечении
20	—	224
30	—	200
40	6	210
50	3	208
60	2,5	193
70	9	191
80	5	192
90	8	186
100	10	190

Таблица 14

Диаметр болванок в мм	Разность в твердости по Бринеллю между краем и серединой	Средняя твердость по Бринеллю в сечении
110	6	162
150	7	159
200	13	152
250	23	154

Разница в твердости между краем и серединой и средняя твердость по болванкам диаметром 110—250 мм приведена в табл. 14.

Структура основной массы (в практическом разрезе) неизменна для испытанных диаметров (110—250 мм): пластинчатый перлит, средняя фосфидная эвтектика, полное отсутствие феррита и цементита. Уточненная и объективная оценка по разработанной нами классификации дает возможность заметить в крупных сечениях некоторое укрупнение перлита (от П-2 до П-1, от пластинчатого к крупнопластинчатому перлиту) при переходе от края к середине и укрупнение графита.

Отсюда следует, что снижение твердости обусловлено как основной массой, так и графитом.

Итак:

1) основная перлитовая масса в антифрикционных чугунах получается при

практически одинаковом химическом составе в чрезвычайно большом интервале сечений — 20—250 мм;

2) в пределах основной перлитовой массы твердость может колебаться в пределах 150—230 по Бринеллю;

3) сравнительно низкая твердость при основной перлитовой массе характерна для антифрикционных чугунов и

является следствием повышенной графитизации (укрупнение графита и увеличение его количества) и укрупнения перлита.

Нельзя забывать, что по данным Богехольда¹ твердость перлита может достигнуть 450, цементита 680—840 и феррита (в зависимости от содержания кремния) 75—150 по Бринеллю.

Это разнообразие твердостей отдельных структурных составляющих, характера и количества графита ведет к колебаниям в отношении твердости чугуна в целом, а также затрудняет определение закономерной связи между микроструктурой и механическими свойствами чугуна.

Причинами повышения графитизации и пониженной твердости при основной перлитовой массе могут быть: химический состав чугуна (сравнительно высокое содержание углерода и кремния при наличии никеля, меди и алюминия) и влияние шихты (в данном случае наличие в шихте древесноугольного елизаветинского чугуна).

С этим же явлением столкнулся и Сталинградский тракторный завод при выплавке антифрикционного чугуна Ц-1, а именно: при 3,9% С и 1,25—1,58% Si, 0,2% Cr, 0,3—0,5% Ni, 0,2—0,3% Cu, чисто перлитовой структуре и среднем и крупном графите твердость болванок диаметром 80—85 мм и выше составляет 170—160—146 по Бринеллю.

На заводе им. Кирова удовлетворительно работал чугун Ц-2, выплавленный ЦНИИМАШ с 3,75% С, 2,08% Si, 0,2% P и следами никеля при твердости 140—150 по Бринеллю и при основной перлитовой массе.

II. ПРИМЕНЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННОГО ЧУГУНА

1. ПРЕДЕЛЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЧУГУНОВ Ц-1 И Ц-2

Допустимые удельные давления и окружные скорости

Для определения области (предела) применения чугунов Ц-1 и Ц-2 были подвергнуты оценке около 200 журналов испытаний, заполненных на заводе Ростсельмаш при постановке на станки 200 втулок.

Втулки, работавшие успешно и неудовлетворительно, оказались распределенными (в процентном соотношении)

¹ Тр. А. Ф. А. № 1 1938.

по признаку удельных давлений, чисел оборотов и скоростей в порядке, указанном в табл. 15.

Как показывает табл. 15, основная масса успешно работавших втулок падает на предел P и Pv до 20; для неудовлетворительно работавших — факторы P и Pv также имеют те же значения.

На основе этих эксплуатационных испытаний и проведенных нами лабораторных испытаний по перлитовым чугунам в станкостроении и по чугунам для поршневых колец было установлено, что $Pv = 15-20$ кгм/см²·сек при сравнительно спокойной нагрузке, точной механической

Таблица 15

Характеристика	Из числа 145 втулок, успешно работавших (%)	Из числа 30 втулок, неудовлетворительно работавших (%)
$P =$ до 20 кг/см ²	95,9	80,7
$P > 20$.	4,1	19,3
v до 1—1,5 м/сек	91,8	51,7
$v = 1,5-3,5$.	8,2	27,6
$v = 5-9$ „	—	20,7
$P \times v$ до 20 кгм/см ² ·сек	99,2	87,1
$P \times v = 20-25$.	0,8	—
Свыше 20—25 „	—	12,9

обработке и обеспеченной смазке для чугунов Ц-1 и Ц-2 является как бы пределом. При больших Pv увеличивается число втулок (табл. 15) с относительно непродолжительным сроком службы, часто, впрочем, меньшим, чем для бронзы. Однако испытания еще полностью не закончены, и окончательное суждение о верхнем пределе применимости чугунов еще преждевременно. В

настоящее время возможности чугунов Ц-1 и Ц-2 в отношении P и v определяются следующим образом (табл. 16).

Как видно из табл. 16 и 17 (составленной Оргчерметом и научно-исследовательской лабораторией прокатки Наркомата черной металлургии), сравнительно высокое значение P более допустимо, чем высокое v (вследствие малой теплопроводности графита).

При этом учитывается, что действительная нагрузка, которую может выдержать подшипник, определяется рядом факторов: величиной зазора, отношением $l:d$, клиновидностью масляного слоя, вязкостью масла и т. п.

Относительное сравнение работы подшипников по коэффициенту износа (рассматривая его как тепло, выделяющееся при работе трения) можно допускать только для подшип-

ников, обладающих примерно одинаковыми Pv и одинаковым зазором. В других случаях метод подобия не может быть применен. Поэтому следует придавать большее значение отдельно взятым P и v , а не их произведению. Практически величину P можно допускать очень высокой, нередко ограничиваемой только пределом текучести материала.

Таблица 16

Сравнительно с другими антифрикционными металлами пределы чугуна по P и v кажутся небольшими. В самом деле, для кремнесвинцовой бронзы при спокойной нагрузке допускают P до 150; v — до 4, а при ударной нагрузке $P=75$; $v=1-2$, для алькусына $P=30-50$; $v=5-6$; для текстолита $P=650$; $v=2$.

P в кг/см ²	v	Pv в кгм/см ² ·сек
	в м/сек не выше	
2,5	до 5	12,5
5,0	2,5	12,5
10,0	2,5	25,0
20,0	1,0	20,0
25,0	0,5	12,5
40,0	0,25	10,0

Таблица 17

Однако и в пределах указанных в табл. 16 давлений и скоростей широкое применение чугунов Ц-1 и Ц-2 гарантировано, в этих пределах работают сотни тысяч втулок. Вместе с тем широко проводимые эксплуатационные испытания на всевозможном оборудовании выявляют новые возможности чугуна (табл. 18

P в кг/см ²	v в м/сек	Коэффициент износа Pv в кгм/см ² ·сек
80	0,1	8
40	0,5	20
36	0,75	27
32	1,0	32
28	1,5	42
24	2,0	48
20	2,5	50

и 19), разрешающие ставить вопрос о пересмотре технических условий на применение Ц-1 и Ц-2 в сторону значительного увеличения удельных давлений и некоторого увеличения допускаемых окружных скоростей, а также в сторону использования в условиях ударных нагрузок.

Нам кажется поспешным вывод, сделанный доц. Лившицем в его книге¹, тем более, что он базируется в основном на данных лабораторных испытаний и лишь на единичных эксплуатационных испытаниях. Он пишет: „Можно утверждать, что перлитный серый чугун, а также антифрикцион-

¹ „Феррито-перлитный ковкий чугун как заменитель цветных металлов в машиностроении“, Роствездиздат, 1939.

№ по пор.	Наименование механизма	Гнезда трения	Окружная скорость в м/сек	Удельное давление в кг/см ²	Метод смазки и род масла	Характеристика обработки трущихся поверхностей	Характеристика нагрузки	Срок износа детали из бронзы в мес.	Срок износа из антифрикц. чугуна в мес.
1	Опиловочный станок Фнат, модель LS 1/a	Втулка центрального вала	Ручное перемещение	1,2	Солидол, индивидуальная	Шлифованные по 2-му классу точности	Спокойная (со слабыми ударами)	24	24
2	Опиловочный станок Фнат, модель LS 2/a	То же	То же	0,6	То же	То же	То же	24	24
3	Токарный полуавтомат Питтлер Н5Р	Втулка блока подачи инструмента	0,02	4,00	Машинное „Л“, масленка самотечная	Шабровка тщательная	„	6	6
4	То же	То же	0,02	4,00	То же	То же	„	6	6
5	Токарный полуавтомат Шой М-200	Втулка центрального вала	0,01	5,8	Веретенное 3, провезн. масленка	Шабровка	„	9	9
6	То же	То же	0,01	5,8	То же	„	„	9	9
7	„	Втулка расточного супорта	0,01	35,7	„	„	„	9	9
8	„	Втулка вала механизма подачи	0,01	41,5	„	„	„	9	9
9	„	То же	0,01	41,5	„	„	„	9	9
10	„	Втулка барабана подачи заднего супорта	0,01	22,2	„	„	„	9	9
11	„	То же	0,01	22,2	„	„	„	9	9
12	Эксцентрикковый пресс завода им. Калинина, модель Э-70	Втулка маховика	0,65	2,73	Солидол, масленка Штауфера	Шабровка тщательная	Ударная	3	6
13	Эксцентрикковый пресс Э-35 завода им. Калинина	Втулка шатуна	0,9	230	То же	То же	„	3	6
14	То же	Втулка маховика	0,54	2,73	„	„	„	6	6
15	Эксцентрикковый пресс Блисс 30-т	То же	0,86	5,7	„	„	„	6	6
16	То же	Вкладыш шатуна	0,67	195	„	„	„	6	6
17	„	Коренной подшипник	0,49	112	„	„	„	6	6
18	Эксцентрикковый пресс 15-т	Подшипник коренного вала	0,29	175	„	„	„	6	6
19	Мостовой кран 5-т	Втулка бегунов хода моста	0,085	18,75	„	„	„	12	12
20	Внутришлифовальный полуавтомат Вотан RI-17	Гайка поперечного винта механизма поперечной подачи	0,01	4,0	Веретенное масло 2, масленка Бош	Токарная обработка	Спокойная	12	12
21	Внутришлифовальный станок Вотан RI-17	Втулка клапана реверсивной коробки	0,25	0,2	Веретенное масло, масленка Бош	Шлифованные	„	12	12
22	То же	Втулка плунжера реверсивной коробки	0,25	0,2	То же	То же	„	12	12
23	„	Втулка клапана реверсивной коробки	0,25	0,2	„	„	„	12	12

№ по пор.	Наименование механизма	Гнезда трения	Окружная скорость в м/сек	Удельное давление в кг/см ²	Метод смазки и род масла	Характеристика обработки трущихся поверхностей	Характеристика нагрузки	Срок износа	
								детали из бронзы в мес.	Срок износа из антифрикц. чугуна в мес.
24	Внутришлифовальный станок Вотан RI-17	Втулка поперечного винта подачи планетарного механизма	1,0	0,34	Веретенное масло, масленка Бош	Шлифованые	Спокойная	12	12
25	То же	Втулка поперечного ходового винта планетарного механизма	1,0	0,63	То же	То же	"	12	12
26	"	Втулка обода планетарки планетарного механизма	1,0	0,7	"	"	"	12	12
27	"	Втулка храповика планетарного механизма	0,2	0,6	"	"	"	12	12
28	"	Втулка реверсного клапана реверсивной коробки	0,25	8,5	"	"	"	4	4
29	"	Гайка поперечного винта поперечной подачи	0,01	4,0	"	Токарная обработка	"	12	12
30	"	Втулка рычага на-	—	1,0	"	Шлифова-	"	12	12
		тяжного ролика на-				ние			
		тяжного механизма шлифовальной головки							
31	Внутришлифовальный станок Вотан RI-12	Втулка реверсивного клапана	0,01	10	"	То же	"	4	4
32	Внутришлифовальный станок Хилд, модель GM	Гайка винта поперечной подачи супорта	0,03	88	Веретенное масло 2 от специальной масленки	Токарная обработка	"	12	12
33	Внутришлифовальный станок Хилд, модель Гейдт	То же	0,03	88	То же	То же	"	12	12
34	Ковочная машина Газенклевер 3"	Вкладыш поводка поперечного ползуна	0,036	735	Солидол, масленка Штауфера	Шабровка	Ударная	2	4
35	То же	То же	0,036	735	То же	"	"	2	4
36	Пресс Малмеди, модель SPK-7	Втулка коленчатого вала	0,62	1,94	Машинное Т*, масленка Шарко	"	"	В стадии испытания	
37	Пресс Малмеди, модель SPK-4	То же	0,6	2,75	То же	"	"	То же	
38	Шлифовальный станок Фнат, модель RIR 2/A	Вкладыш шпиндельного барабана	0,0025	210	Веретенное 3, масленка Шарко	Шлифованые или шабровка	Спокойная	"	

Примечание. Вал во всех позициях — Ст. 50 сырая.

ные чугуны Ц-1 и Ц-2, предложенные ЦНИИМАШ, найдут свое применение в производстве и послужат заменителями бронзы в машиностроении при условии, если произведение удельного давления на скорость ($\text{кг/см}^2 \times \text{м/сек}$) не будет превышать $Pv = 15-20$. Область средних давлений и скоростей (при Pv не выше $50 \text{ кг/см}^2 \times \text{м/сек}$) будет предоставлена в машиностроении перлитно-ферритному ковкому чугуну, который в самом непродолжительном времени будет внедрен в массовое производство взамен бронзы. Оловянистые же баббиты и бронзовые сплавы останутся там и не смогут быть пока заменены чугуном, где Pv выше $50 \text{ кг/см}^2 \times \text{м/сек}$ и в особо ответственных случаях“.

Серый антифрикционный чугун при грамотном изготовлении и эксплуатации, как показывает опыт, также может охватить область до $Pv = 50$. Это утверждение особенно убедительно, если учесть резервы, совершенно еще не использованные, которые могут быть выявлены при изменении смазки, применении твердых валов, металлизации их, при посадке подшипников на стальную подушку и т. п. Ковкий чугун значительно дороже, сложнее в изготовлении.

Применение цементированных шеек валов здесь не менее желательно, чем при сером антифрикционном чугуне.

Данные испытаний (внедрения) чугунов Ц-1 и Ц-2 на оборудовании I ГПЗ им. Кагановича, иллюстрирующие высказанную мысль, приведены в табл. 18.

Данные испытаний (внедрения) чугунов Ц-1 и Ц-2 на оборудовании Подольского механического завода приведены в табл. 19.

Конструкция подшипника

Расчетное удельное давление на подшипник не может быть превышено из-за недостатков конструкции подшипника или прогиба вала. Поэтому подшипники должны обладать гибкостью, а не жесткостью конструкции.

Особое значение имеет зазор в подшипнике. Он должен обеспечить жидкостное трение. Слишком незначительный зазор легко приводит к сухому трению и заеданию. Полезно дать подшипникам некоторое время проработать без нагрузки, пока не выработается зазор. В ряде случаев (например на пресах и на кранах) зазор между подшипником и валом нужно увеличивать по сравнению с бронзой на 10—15%.

Края поверхностей скольжения должны быть хорошо закруглены. Края смазочных канавок не должны быть

Наименование оборудования	Фирма и модель	Гнезда трения	Условия смазки	Характер нагрузки	Материал сопрягаемых деталей (вал, червяк)	Пределы окружной скорости в м/сек	Срок службы детали в месяцах (ориентировочно)		Износ в мм
							до по-	после постановки станочки чугуна чугуна	
Редукторные головки ¹ (По протяжке игл для швейных машин)	Аахен	Втулка	Жидкая	Ударная	Ст. 50	1,2	4	1,5	0,2
		головки шпинделя	"	"	Ст. 50	1,5	6	2	0,2
Прессы коленчатые и эксцентрикные 45-ти	Завод им. XVI партсъезда, Ганнеман, Шюлле и др.	Втулка маховика	"	"	Ст. 45	0,6	6	5	1,1

¹ 7200 ударов в 1 мин., работа круглосуточная, износ бронзы за этот же срок 0,4—0,5 мм.

острыми, чтобы смазка не разрывалась. Необходимо предусмотреть все возможные средства защиты трущихся поверхностей от пыли, грязи и т. п.

Механическая обработка и отделка

Втулки должны быть обработаны по внутреннему диаметру под $\sqrt{\sqrt{\sqrt{\quad}}}$.

Отделка трущихся поверхностей чугуна должна быть высокой. Степень отделки (шабровка, шлифование, притирка, полирование) наряду с правильностью монтажа подшипников (без перекосов) и точностью подгонки является важнейшим условием успешной работы антифрикционного чугуна, в особенности в ответственный период приработки.

Чем тверже чугун, тем ближе должна подходить рабочая поверхность подшипников при сборке к идеальной гладкой.

Нами практиковалась шабровка чугунной втулки и шлифование вала, что считается условием удержания смазки в работе.

Согласно данным завода „Серп и молот“ (инж. Болеух и Гончаров), на станах листопрокатного цеха (заготовочные клетки) были поставлены испытания бронзовых, чугунных и стальных подшипников (табл. 20).

Таблица 20

Материал подшипника	Наибольшая стойкость работы в днях	Колебания продолжительности работы отдельных подшипников в днях	Средний износ в мм за наибольшее время	Примечание
Бронзовые	40	9—34	30—40	Горят, задирают шейки, требуют повышения смазки
Чугун, отлитый в ЦНИИТМАШ	37	5—17	40	То же
Чугун, отлитый за заводе „Серп и молот“	34	6—43	40	.
Стальные	170—201	—	11	Большой износ шеек валов

Данные приведенной таблицы показывают, что объяснить столь сильные колебания в продолжительности службы подшипников можно только отсутствием механической обработки вкладышей, наличием перекосов и перебоями в смазке.

Действительно, на заводе „Красный Октябрь“ (Сталинград) по сообщению Главспецстали чугуны Ц-1 и Ц-2 на горячих шейках листопрокатных станков работают хорошо при $Pv = 150 \times 0,8$. Срок службы подшипника в среднем $1\frac{1}{2}$ месяца. Основным требованием к подшипникам является точная пригонка обработкой по шейке вала.

Приработка

Предварительная приработка на малых нагрузках и числа оборотов (вхолостую) в течение нескольких часов очень полезна; при этом чем длительнее приработка, тем выше степень надежности работы подшипника. Полезна приработка на смазке, обогащенной графитом, или на графитовой пасте.

Распространенный масляный коллоидально-графитовый препарат Геомина (Москва) представляет собой суспензию высокодисперсного графита, диспергированного в масле в присутствии нефтяных смол в качестве стабилизаторов. Концентрация графита в препарате составляет 25%. Препарат применяется, главным образом, как противоаварийная смазка для приработки механизмов и смазки неполированных поверхностей.

При применении препарат разбавляют (в зависимости от назначения) в 10—100 раз соответствующим маслом (наиболее пригодным для данного механизма). Для приработки механизмов применяют более концентрированную смазку; после приработки концентрацию графита снижают. Для каждого отдельного случая оптимальная концентрация графита устанавливается экспериментально. Перед разбавлением препарат тщательно перемешивают гладкой чистой палочкой (деревянной или металлической).

Инж. Бандуренко предлагает следующий метод изготовления графитовой смазки: „20 кг масла взбалтывается с 3 кг лучшего предельно измельченного графита. Эта смесь оставляется на 1—2 суток, после чего масло на $\frac{4}{5}$ объема сливается. Слитое масло с суспензированным графитом является лучшей пусковой смазкой на рабочий ход при сдаче в эксплуатацию. Эту же смазку следует применять в случае, если вкладыши в работе обнаруживают нагревание“.

Считаем необходимым отметить, что все испытания втулок из чугунов Ц-1 и Ц-2 проводились без применения добавочного к уже имеющемуся в самом чугуне графита.

Смазка

Бесперебойность подачи и достаточное количество смазки являются необходимыми условиями успешной работы антифрикционного чугуна. При ненадежной подаче смазки нельзя рекомендовать замену бронзы чугуном. Обеспеченность смазкой и отсутствие пыли, грязи, эмульсии являются важнейшими положительными факторами наряду с невысокими нагрузками и скоростями.

Хранению и наливу масла должно быть уделено особое внимание. Состав смазчиков, квалификация которых очень важна, не должен быть текучим.

Конструкцию смазочных канавок при переводе на антифрикционный чугун желательнее подвергнуть пересмотру с точки зрения подачи, распределения и отвода смазки во время работы. В эксплуатации оказались неудовлетворительными смазочные канавки винтовые, „пауком“. Желательным типом смазочной канавки является прямая. Канавка прорезается на ненагруженной части.

Смазки расходуется столько же, как и при бронзовых подшипниках. Там, где это конструктивно возможно, желателен переход на принудительную смазку, что обеспечит и охлаждение трущихся поверхностей.

Качество смазки при переходе на антифрикционный чугун нами не изменялось (маш. 2, маш. Л), но, безусловно, чугун требует специфической смазки.

Опыт ряда заводов показал, что работа антифрикционного чугуна зависит от качества смазки.

Подбор смазки для чугунов — одна из неотложных важнейших работ. Существенный интерес представляет антиаварийная смазка Зуевского.

Инж. Новоселов¹ рекомендует следующие смазочные масла (табл. 21) для чугунных подшипников электромоторов с кольцевой смазкой.

Итак, втулки и вкладыши из чугунов Ц-1 и Ц-2 работают нормально лишь при условии соблюдения соответствующих условий технической эксплуатации чугуна: Pv — не свыше 15—20 $кгм/см^2 \cdot сек$, спокойная нагрузка, обеспе-

¹ К. А. Новоселов. Чугунные вкладыши и втулки взамен бронзовых, „Электромонтер“ № 2—3, 1939.

ченая подача смазки, отсутствие пыли и других загрязнений и точность механической обработки.

При несоблюдении правил изготовления и эксплуатации предел применения чугунов Ц-1 и Ц-2 может значительно сузиться.

Таблица 21

Наименование масла	Вязкость по Энглеру при 50°	Область применения масла	Возможные замены другими сортами масла
Веретенное 3	От 2,8 до 3,2	Смазка подшипников электрических машин мощностью до 15 kW независимо от числа оборотов их вала	Турбинное Л вязкостью по Энглеру от 2,9 до 3,2 при 50°
Вольта Л	От 3 до 3,3	То же для машин мощностью 30 kW	Веретенное 3
Вольта Т	От 4 до 4,3	Смазка подшипников электрических машин мощностью от 30 kW и выше с числом оборотов вала до 1500 в минуту	Машинное Л
Машинное Л	От 4 до 4,5	Возможно применение для смазки подшипников электрических машин мощностью от 30 kW и выше с числом оборотов вала до 1500 в минуту	Машинное Л

В зависимости от эксплуатационных условий к материалу подшипника предъявляется ряд требований в отношении свойств, причем некоторые из них являются предпочтительными, например, для подшипников станков, электромоторов важна высокая износоустойчивость, а для подшипников, работающих при ударных нагрузках, — вязкость. Материал подшипника при дорогих валах не должен задирать и изнашивать вал, хотя бы это достигалось ценой самоизноса.

Удовлетворение указанных условий заложено в вариации твердостей в пределах перлитовой структуры и в некотором колебании содержания в структуре свободного феррита.

Возможность применения чугуна взамен бронзы подлежит особому рассмотрению (хотя бы подшипник и удовле-

творял обычным указанным выше условиям эксплуатации, низкому P_v и т. п.), если:

- 1) механизм агрегата или весь агрегат несет особую ответственность с точки зрения производства в целом;
- 2) весьма затруднено наблюдение за подшипником, сложен ремонт и длителен демонтаж;
- 3) втулка тонка — ниже 3,0—4,0 мм;
- 4) замена чугуном опасна с точки зрения техники безопасности и в пожарном отношении;
- 5) бронза применена не столько как антифрикционный материал, сколько как особо антикоррозионный, и т. п.

2. ПЕРЕЧЕНЬ УЗЛОВ ТРЕНИЯ, ПЕРЕВЕДЕННЫХ С БРОНЗЫ НА ЧУГУНЫ Ц-1 и Ц-2

(300 агрегатов, 700 гнезд трения)

Приведенный ниже перечень, включающий 300 агрегатов и 700 гнезд трения, составлен по данным нижеследующих заводов, испытавших с благоприятными результатами и внедривших на своем оборудовании и на выпускаемой продукции антифрикционные чугуны Ц-1 и Ц-2:

1. Ростсельмаш. 2. „Электросталь“. 3. Горьковский завод фрезерных станков. 4. ГРПЗ. 5. „Карболит“. 6. Им. Январского восстания. 7. Им. ЦК Машиностроения. 8. Московский велозавод. 9. Камнелитейный. 10. Орчермет. 11. „Комсомолец“. 12. Автобаза Мосгорвнуторга. 13. Электроламповый. 14. Подольский механический. 15. „Ява“. 16. „Метро“. 17. Им. Ворошилова. 18. Завод тяжелого весостроения им. Старостина. 19. Подольский аккумуляторный. 20. Им. Дзержинского. 21. Завод подъемных сооружений им. Кирова. 22. Металлургический завод им. Дзержинского. 23. „Рабочий металлист“. 24. Им. Лепсе. 25. Государственный ордена Ленина им. Сталина. 26. 1-я ситценабивная фабрика. 27. Климовский. 28. Ново-Краматорский. 29. „Калибр“. 30. Лысенский металлургический. 31. Станкостроительный завод им. Седина. 32. Союзпродмаш. 33. Трехгорная мануфактура. 34. ГАЗ им. Молотова. 35. „Автоштамп“. 36. УЗТМ. 37. Завод счетных машин им. Дзержинского. 38. Техпромпроект. 39. Им. десятилетия Октября. 40. „Манометр“. 41. СТЗ. 42. ЧТЗ. 43. „Красный Октябрь“. 44. ДЗМО. 45. Кировский. 46. Инструментальный завод им. Воскова. 47. „Красный металлист“. 48. Им. Орджоникидзе. 49. Инструментальный завод им. Кагановича. 50. Херсонский завод им. Петровского. 51. Главпродмаш. 52. Главсельмаш. 53. „Коммунар“. 54. Люберецкий. 55. „Азовсталь“. 56. Коминтерн. 57. Чусовский. 58. Им. Куйбышева. 59. Ворошиловский. 60. Орджоникидзевский.

Включены также данные из запретительных списков некоторых наркоматов (НКПС, НКОМ, НКУголь, НКНефть, НКХимпром, НКЧМ).

Размеры книги не позволяют остановиться на всех характерных особенностях этого оборудования; мы полагаем, что каждый машиностроитель, механик и конструктор сумеют осуществить необходимые мероприятия:

- 1) везде, где имеются нижеперечисленные агрегаты и узлы, надлежит заменить бронзу чугуном;
- 2) везде, где имеются подшипники со сходными характеристиками, работающие в аналогичных условиях, надлежит заменить бронзу чугуном.

В ближайшее время необходимо произвести инвентаризацию всего подшипникового хозяйства и в соответствии с условиями эксплуатации подобрать наиболее подходящий для каждого конкретного случая антифрикционный материал (черные металлы, цветные металлы, пластмассы, дерево и т. д.).

Станки

*Токарный станок Магдебург, модель SNA 1000 (Ростсельмаш)*¹*

1. Втулка фрикционного валика. 2. Гайка винта поперечной подачи супорта. 3. Первая втулка первого и второго валиков (коробки скоростей). 4. Вторая втулка второго промежуточного валика коробки скоростей. 5. Втулка передаточного валика к шпинделю коробки скоростей. 6. Втулка ходового винта и ходового валика.

Токарный станок завода им. Свердлова („Электросталь“). Разъемная гайка ходового винта фартука.

Токарный станок завода им. ЦК Машиностроения. Втулка кронштейна ходового винта и ходового валика.

Токарный многорезцовый Сундерстренд (Ростсельмаш).* 1. Втулка вала шестерни подачи. 2. Втулка вала подающего червяка. 3. Втулка червячного валика.

Токарный станок завода „Красный пролетарий“. 1. Втулка реверсива. 2. Втулка коробки подач. 3. Втулка передачи на каретку.

Токарный станок Ле-Блонд. Втулки коробки подач.

Токарный станок Магдебург, модель SNB 750. 1. Задняя втулка шпинделя. 2. Гайка винта поперечной подачи супорта.

Токарный станок Браун („Электросталь“).* Втулки коробки передач.

Токарный станок Ленч. Гайка паразитной шестерни.

Токарный станок Нейман. Гайка винта поперечного самохода.

Токарный станок Альзис. 1. Гайка ходового винта. 2. Маточная гайка.

Токарный станок УИТ. Гайка винта поперечной подачи.

Токарный станок „Коммунар“. 1. Втулка вала перебора. 2. Маточная гайка ходового винта. 3. Подшипники вала привода.

Токарный четырехшпиндельный полуавтомат Шютте VH-48 (I ПИЗ).* Втулка приводного вала.

Токарный четырехшпиндельный полуавтомат Шютте V-48. Втулка приводного вала.

Токарный четырехшпиндельный полуавтомат Шютте V-35. Втулка приводного вала.

Токарный четырехшпиндельный полуавтомат Питтлер HSP. Втулка блока подачи инструмента.

Токарный одношпиндельный полуавтомат Шой M-200. 1. Втулка центрального барабана. 2. Втулка расточного супорта. 3. Втулка вала механизма подачи. 4. Втулки барабана подачи заднего супорта.

Токарно-одношпиндельный полуавтомат Шой M-114 завода им. Орджоникидзе. Втулка барабана подач заднего супорта.

Токарный четырехшпиндельный автомат Гассе-Вреде AGM 22. Вкладыш шпиндельного барабана.

Токарно-винторезный станок VDF (Ростсельмаш).* 1. Гайка винта поперечной подачи супорта. 2. Гайка винта задней бабки. 3. Гайка винта продольной подачи супорта.

¹ Звездочкой везде указаны заводы-испытатели чугуна взамен бронзы.

Токарно-винторезный станок Шерер, модель I-1000. 1. Втулка передаточной шестерни фартука супорта. 2. Втулка передаточной шестерни к винту поперечной подачи супорта. 3. Втулка передаточного вала к шпинделю коробки скоростей.

Токарно-винторезный станок Лодж-Шиплей, модель 14" X 7". 1. Втулка валика ручной подачи супорта. 2. Втулка гильзы реечного валика шестерни фартука супорта. 3. Втулка реечного валика шестерни фартука супорта. 4. Втулка конической шестерни ведущего валика супорта. 5. Втулка ведущего валика фартука супорта. 6. Втулка валика ручной подачи. 7. Втулка ведущего валика гитары. 8. Втулка шестерни фрикциона поперечной подачи супорта. 9. Втулка валика фрикциона поперечной подачи супорта. 10. Втулка валика фрикциона продольной подачи супорта. 11. Втулка гильзы ведущего валика гитары. 12. Втулка промежуточного валика гитары. 13. Втулка гильзы промежуточного валика гитары. 14. Втулка передаточного валика гитары. 15. Втулка гильзы передаточного валика гитары. 16. Втулка к кольцу сменной шестерни гитары. 17. Втулка валика шестерни обратного хода фрикциона.

Токарно-винторезный станок „Красный пролетарий“ ТН-20 („Электросталь“).* 1. Гайка винта поперечного самохода. 2. Маточная гайка. 3. Втулка шестерни трензеля. 4. Ролики рычага. 5. Втулка фартука. 6. Гайка для винта супорта поперечного движения. 7. Втулка коробки скоростей. 8. Втулка вала трензеля малая. 9. Втулка вала трензеля большая.

Токарно-винторезный станок Вагнер. Втулки ступенчатого шкива передней бабки.

Токарно-винторезный станок Альслебен. Вкладыши шпинделя передней бабки.

Токарно-винторезный станок „Комсомолец“. 1. Маточная гайка. 2. Гайка винта поперечного самохода. 3. Втулки для валиков трензеля.

Токарно-винторезный станок (завод „Красный пролетарий“) ДИП-200.* 1. Втулка валика переключения. 2. Втулка шестерни трензеля. 3. Втулка валика переключателя. 4. Втулка переключения подачи. 5. Втулки коробки Нортон. 6. Втулка кронштейна хода винта.

Токарно-винторезный станок завода им. Свердлова („Электросталь“).* Гайка винта супорта поперечного самохода.

Токарно-винторезный станок завода „Двигатель революции“. Маточная гайка.

Токарно-винторезный станок Фриц-Браун. 1. Втулка коробки скоростей. 2. Втулки фрикциона.

Токарно-револьверные станки (завод им. Воскова).* Червячные шестерни для самоходов.

Фрезерные станки (Горьковский завод фрезерных станков) 682; 6Г82; 612; 6Б82; 680М; 610М.* 1. Втулки коробки подач. 2. Втулка рабочего хода стола. 3. Втулка консоли. 4. Гайка рабочего хода стола.

Фрезерные станки 615, 6Г83, 683. 1. Втулка фрикциона. 2. Втулки коробки подач. 3. Втулка консоли. 4. Втулка рабочего хода стола.

Фрезерные станки 6Г55, 6Г65, 6А53, 6А63. 1. Втулки коробки подач. 2. Втулки коробки переключения. 3. Втулка фрикциона.

Вертикально-фрезерный станок Курт-Нубе, модель F-4 (Ростсельмаш).* 1. Втулка ведущего валика коробки скоростей. 2. Втулка передаточного валика коробки скоростей. 3. Втулка промежуточного валика коробки скоростей. 4. Передняя втулка шпинделя. 5. Втулка серьги.

Вертикально-фрезерный станок Цинциннати, модель 4. Втулка комбинированной шестерни стола.

*Вертикально-фрезерный станок Рейнекер („Электросталь“)**
 1. Втулка реверсивного механизма. 2. Втулка коробки подач. 3. Гайки-ходовых винтов стола.

Вертикально-фрезерный станок Лева. Гайка вертикального подъема стола.

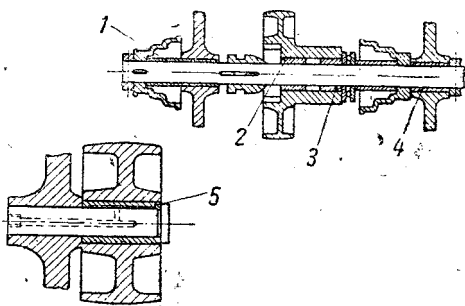
Горизонтально-фрезерный станок Браун-Шарп, модель 2В (Ростсельмаш).* 1. Втулка шестерни механизма поперечной подачи стола. 2. Втулка кронштейна ходового валика. 3. Втулка кронштейна ходового винта. 4. Втулка конической шестерни стола. 5. Втулка передаточного валика коробки подач.

Горизонтально-фрезерный станок Бернадского. 1. Передняя втулка шпинделя. 2. Задняя втулка шпинделя.

Горизонтально-фрезерный станок Цинциннати, модель 2М. 1. Втулки ведущего валика коробки подач. 2. Втулки передаточного валика коробки подач. 3. Втулки промежуточного валика коробки подач.

Фиг. 7. Круглошлифовальный станок фирмы Лендис, модель 6" X 18".

1 — втулка приводного валика ($P=3,4$; $v=0,78$); 2 — втулка шкива приводного валика ($P=2,1$; $v=0,78$); 3 — втулка шкива приводного валика ($P=2,1$; $v=0,78$); 4 — втулка приводного валика ($P=3,4$; $v=0,78$); 5 — втулка направляющего шкива ($P=1,2$; $v=0,47$).



Горизонтально-фрезерный станок Фриц-Вернер, модель 02М. 1. Втулка конической шестерни винта продольной подачи. 2. Втулка ведущей конической шестерни винта продольной подачи. 3. Втулка крышки насоса для эмульсии.

Горизонтально-фрезерный станок Парисон. Гайка вертикального подъема стола.

Круглошлифовальный станок Нортон. 1. Втулка валика коробки подач. 2. Втулка кронштейна трансмиссии. 3. Втулка пальца коробки подач. 4. Втулка рукоятки включения фрикциона. 5. Втулка кронштейна насоса.

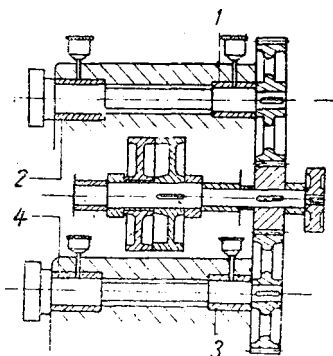
Круглошлифовальный станок Браун-Шарп, модель 13. 1. Втулка поводкового шкива. 2. Втулка вала наждачных камней. 3. Втулка ведущего вала шестерни насоса. 4. Втулка ведомого вала шестерни насоса.

Круглошлифовальный станок Лендис, модель 6" X 18". Втулки направляющего шкива.

Круглошлифовальный станок Цинциннати. 1. Втулка поводкового шкива. 2. Втулка валика шестерни механизма подачи стола. 3. Втулка конической шестерни карданного вала. 4. Втулка поводкового шкива.

Круглошлифовальный станок завода № 60. Втулка поводкового шкива.

Плоскошлифовальный станок Шмалыц, модель 2722/2 (насос для эмульсии). 1. Большая втулка вала крылатки. 2. Малая втулка вала крылатки. 3. Втулка с бортом вала крылатки.

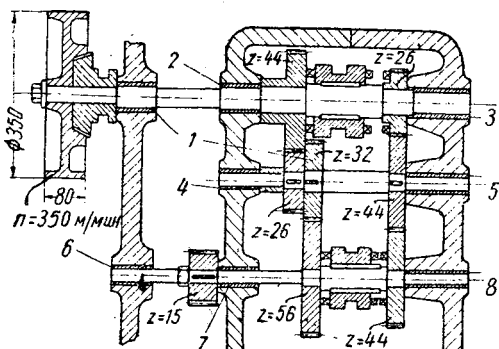


Фиг. 8. Болторезный станок фирмы Рейнекер, модель САА.

1 — передняя втулка шпинделя ($P=3,8$; $v=0,25$); 2 — задняя втулка шпинделя ($P=1,9$; $v=0,25$); 3 — передняя втулка шпинделя ($P=3,8$; $v=0,25$); 4 — задняя втулка шпинделя ($P=1,9$; $v=0,25$).

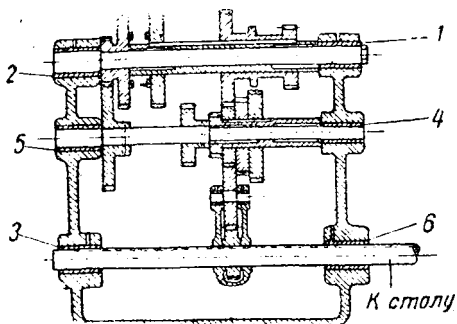
Фиг. 9. Поперечнострогальный станок завода „Самоточка“.

1 — втулка первая фрикциона валика ($P=5,0$; $v=0,82$); 2 — втулка вторая фрикциона валика ($P=9,4$; $v=0,82$); 3 — втулка третья фрикциона валика ($P=5,8$; $v=0,6$); 4 — втулка первая промежуточного валика коробки скоростей ($P=3,9$; $v=0,38$); 5 — втулка вторая промежуточного валика коробки скоростей ($P=5,3$; $v=0,38$); 6 — втулка первая передаточного валика к шестерне кулисы ($P=6,4$; $v=0,21$); 7 — втулка вторая передаточного валика к шестерне кулисы ($P=12,4$; $v=0,38$); 8 — втулка третья передаточного валика к шестерне кулисы ($P=5,9$; $v=0,21$).



Фиг. 10. Горизонтально-фрезерный станок фирмы Цинциннати, модель 2М.

1 — втулка ведущего валика коробки подач ($P=2,8$; $v=0,43$); 2 — втулка ведущего валика коробки подач ($P=3,2$; $v=0,55$); 3 — втулка передаточного валика коробки подач ($P=2,6$; $v=0,22$); 4 — втулка промежуточного валика коробки подач ($P=3,1$; $v=0,07$); 5 — втулка промежуточного валика коробки подач ($P=4,6$; $v=0,13$); 6 — втулка передаточного валика коробки подач ($P=2,6$; $v=0,23$).



Внутришлифовальный станок Вотан RI-17 (I ГПЗ).* 1. Втулки реверсивного клапана. 2. Гайка поперечного винта. 3. Втулка рычага нажимного ролика.

Внутришлифовальный станок Вотан RI-12. Втулка реверсивного клапана.

Внутришлифовальный станок Хилд 72А/3. Гайка винта поперечной подачи супорта.

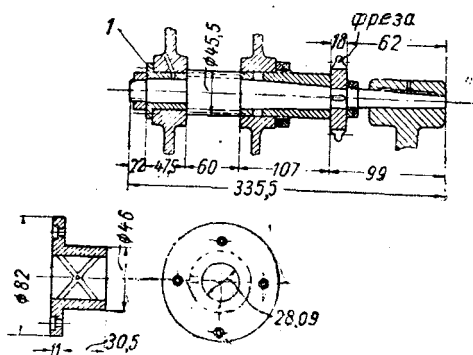
Станок для шлифования роликов Фиат RIR 2/А. Вкладыши шпиндельного барабана.

Поперечно-строгальный станок „Самочка“ (Ростсельмаш).*

1. Втулка первая фрикционного валика коробки скоростей. 2. Втулка вторая фрикционного валика коробки скоростей. 3. Втулка третья фрикционного валика коробки скоростей. 4. Втулка первая промежуточного валика коробки скоростей. 5. Втулка вторая промежуточного валика коробки скоростей. 6. Втулка первая и вторая передаточного валика шестерни кулисы. 7. Втулка третья передаточ-

Фиг. 11. Резьбонарезной станок фирмы Гилле-Верке, модель 133.

1 — втулка шпинделя резьбонарезной головки ($P = 8,2$; $v = 0,08$).



ного валика шестерни кулисы. 8. Втулка кронштейна кулисной шестерни. 9. Гайка на горизонтальном винте стола. 10. Втулка кулисы и храповика.

Поперечно-строгальный станок завода „Красный пролетарий“. модель ШАIV. 1. Втулка камня кулисы. 2. Втулка холостого шкива. 3. Втулка коробки скоростей.

Поперечно-строгальный станок Шепинг, модель ШЗ. 1. Втулка камня кулисы. 2. Гайки для винта супорта. 3. Втулка кулисного механизма.

Продольно-строгальный станок Вайхельт („Электросталь“).* Втулка кулисного валика механизма подачи.

Продольно-строгальный станок Джон-Стирк. Втулка валика вертикальной и горизонтальной подачи.

Продольно-строгальный станок „Вулкан“. Гайка для винта траверсы.

Продольно-строгальный станок завода им. Свердлова. 1. Втулка ведущего вала. 2. Втулка переключения кулачковой муфты.

Продольно-строгальный станок, тип 712-В (им. Ворошилова, Минск).* 1. Гайка подъема траверсы правая. 2. Гайка подъема траверсы левая.

Продольно-строгальный станок Гейнен. Втулки коробки скоростей.

Продольно-строгальный станок Ст. 10 („Электросталь“).* Втулка холостого шкива.

Станок для обдирки заусенцев шариков Фиат LS 1/А (ИГПЗ). Втулка центрального вала.

Станок для обдирки заусенцев шариков Фиат LS 2/А. Втулка центрального вала.

Механическая ножовка завода „Красный путиловец“ (Ростсельмаш).* Направляющая втулка рамы.

Наждачное двухстороннее точило Бляу, модель SPT. Втулка шпинделя наждачных камней.

Точило двухстороннее (Подольский механический завод).* Втулка шпинделя.

Точило песочного камня для точки инструмента. Втулка шпинделя камня.

Зубофрезерный станок завода „Комсомолец“, тип 5Б-32 (завод „Комсомолец“).* Втулки механизма включения.

Зубоотделочный шевинг-станок, тип 571 завода „Комсомолец“. Группа бабки стола, деталь 5716 В 202.

Зубофрезерный станок, тип 5321 завода „Комсомолец“. Гайка червячной шестерни, деталь 53213032.

Зубофрезерный станок, тип 5301 завода „Комсомолец“. Суппорт фрезы, деталь 53015202.

Зубофрезерный станок, тип 532 завода „Комсомолец“. 1. Делительное червячное колесо, деталь 532612. 2. Червяк привода, деталь 532651.

Зуборезный станок Феллоу (Ростсельмаш).* Втулка насоса.

Зуборезный станок Пфаутер. Втулка насоса.

Зуборезный станок Кольман. Втулки ускоренной подачи.

Зубогибочный станок Девентпорт, модель № 3. Втулка муфты включения.

Вертикально-сверлильные станки Фут-Борт, модели 23 и 24. 1. Втулка направляющей гильзы шпинделя. 2. Втулки ведущего валика коробки подач. 3. Втулки промежуточного валика коробки подач. 4. Втулка передаточного валика коробки подач. 5. Втулка валика червяка коробки подач. 6. Втулка реечного валика. 7. Втулка валика ручного подъема стола.

Вертикально-сверлильный станок Эви, модель № 2. Втулка гильзы шпинделя.

Резьбонарезной станок Гилле-Верке, модель ВЗ. Втулка шпинделя резьбонарезной головки. 2. Втулка конической шестерни шпиндельной головки.

Вертикально-сверлильный станок Гилле-Верке, модель № 1. Фрикционное кольцо коробки скоростей.

Долбежный станок Ревенсбург, модель VSF-250. 1. Большая втулка пальца серьги для крепления груза. 2. Малая втулка пальца серьги для крепления груза.

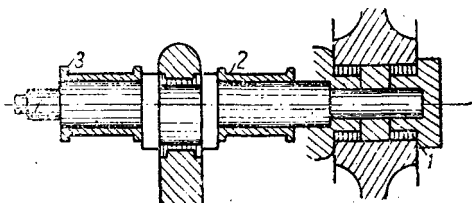
Универсальный заточный станок Шютте. Втулка червяка подачи стола.

Ткацкие станки АТ Климовского завода (Климовский завод).* 1. Втулки, детали 13, 65 и 102. 2. Вкладыши, детали 136 и 209. 3. Подушка, деталь 225. 4. Рычаг, деталь 248. 5. Подшипники, деталь 455.

Редуцирные головки для швейных игл Аахен (Подольский механический завод).* Втулки головки шпинделя.

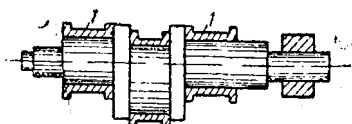
Фиг. 12. Эксцентрикoвый пресс Блисс 30-т.

1 — втулка маховика ($P = 5,7$; $v = 0,86$); 2 — вкладыш шатуна ($P = 195$; $v = 0,67$); 3 — вкладыш коренного подшипника ($P = 112$; $v = 0,49$).



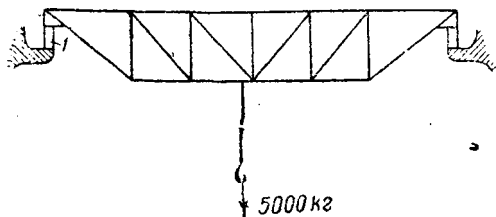
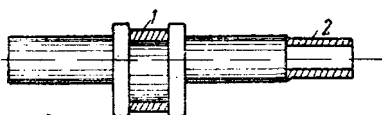
Фиг. 13. Эксцентрикoвый пресс (15-т).

1 — подшипники коренного вала ($P = 175$; $v = 0,29$).



Фиг. 14. Эксцентрикoвый пресс завода им. Калинина Э-35.

1 — втулка шатуна ($P = 230$; $v = 0,9$); 2 — втулка маховика ($P = 2,73$; $v = 0,54$).

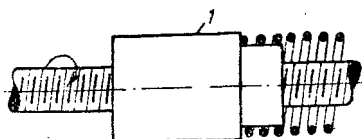


Фиг. 15. Мостовой кран 5 тонн.

1 — втулка бегунов хода моста ($P = 18,75$; $v = 0,085$).

Фиг. 16. Внутришлифовальный полуавтомат Вотан, модель RI-17.

1 — гайка поперечного винта ($P = 4,0$; $v = 0,1$).



Молоты, прессы

Ковочный молот 1,5-т („Электросталь“).* Вкладыш для сальника.

Ковочный молот Селлерс. 1. Направляющие втулки. 2. Вкладыши для сальника

Молот 15-т. Вкладыш коромысла.

Молот 6-т. Вкладыш для сальника.

Ковочные молоты. 1. Втулки направляющего хомута. 2. Втулки в тяге управления молота. 3. Втулки для сальника.

Ковочная машина Газенклевер 3" (I ГПЗ).* 1. Втулки шарнира поперечного ползуна. 2. Вкладыш поводка поперечного ползуна.

Копер (Оргчермет).* Втулка блока.

Паровые молоты. 1. Сальник поршневого штока. 2. Втулка грундбуксы поршневого штока. 3. Втулка эксцентрикового вала. 4. Боковые вкладыши направляющего поршня. 5. Вкладыш тумбы.

Эксцентриковый пресс Вейнгартен, модель VOST (Ростсельмаш).* 1. Втулка в маховике. 2. Большая втулка эксцентрикового вала.

Прессы Вейнгартен. Втулки сальниковой подушки.

Эксцентриковый пресс Вейнгартен, модель ХОРТ. Большая втулка приводного вала.

Эксцентриковый пресс Блисс („Электросталь“).* Втулки коленчатого вала.

Эксцентриковый пресс Э-70 завода им. Калинина (I ГПЗ).* Втулка маховика.

Эксцентриковый пресс Э-35 завода им. Калинина. 1. Втулка маховика. 2. Втулка шатуна.

Эксцентриковые 25-т прессы завода им. XVI съезда ВКП(б). 1. Втулка маховика. 2. Втулка шатуна. 3. Подшипники коренного вала.

Эксцентриковый 15-т пресс завода им. Батищева. Подшипник коренного вала.

Гидропрессы завода „Красный гидропресс“ от 10 до 150 т („Карболит“).* 1. Направляющие втулки цилиндров. 2. Втулки грундбуксы. 3. Подманжетное кольцо. 4. Наманжетное кольцо. 5. Втулки колонн, седла дистрибутера.

Фрикционный пресс (завода им. Калинина).* Гайка шпindelного вала.

Пресс-биллеты. Втулка холостой шестерни.

Крапы, роульганги

Паровой ж.-д. 7,5-т кран завода им. Январского восстания.* 1. Левая и правая втулки грейфера барабана. 2. Втулка тормозного шкива. 3. Втулка шестерни для подъема стрелы. 4. Вкладыш узла редуктора. 5. Вкладыш узла механизма подъема стрелы. 6. Втулка узла механизма подъема стрелы.

Кран паровой ж.-д. 10-т (Оргчермет, НКЧМ, Востокосталь, „Электросталь“).* 1. Втулки тормозной шайбы подъема груза. 2. Втулка кулачковой конической шестерни в механизме передвижения. 3. Втулка червяка подъема стрелы.

Кран гидравлический 17-т. Сальник цилиндра поворота.

Мостовой электрокран 3-т. 1. Подшипник трансмиссионного вала. 2. Вкладыш редуктора. 3. Подшипник редуктора тележки. 4. Вкладыш редуктора подъема.

Мостовой 10-т кран завода подъемных сооружений им. Кирова. 1. Втулка ролика подвески подъема груза. 2. Втулка буксы тележки.

3. Втулка холостого ската тележки. 4. Втулка червячной шестерни редуктора тележки. 5. Вкладыш ведомого вала редуктора хода моста. 6. Вкладыши и подшипники трансмиссионного вала. 7. Вкладыш вала червячной шестерни редуктора подъема груза. 8. Вкладыш конечного подшипника подъема груза.

Мостовой 10-т кран. 1. Вкладыш ведомого вала редуктора хода моста. 2. Вкладыш подшипника трансмиссионного вала. 3. Вкладыш вала червячной шестерни редуктора подъема груза.

Мостовой кран 7,5-т. 1. Втулки вала барабана. 2. Втулки бегунов тельфера. 3. Втулки роликов блока.

Мостовой кран 10-т. 1. Втулка вала передвижения тележки. 2. Подшипники вала продольного движения. 3. Подшипники вала редуктора. 4. Подшипники редуктора подъема. 5. Вкладыши вала редуктора продольного движения.

Мостовой кран 35/5-т. 1. Втулки промежуточного вала подъема. 2. Вкладыш редуктора подъема.

Кран 55/10-т. Вкладыши редуктора конусные.

Мостовой кран 5/3-т. 1. Втулки вала барабана. 2. Подшипники червячной шестерни. 3. Подшипники вала червяка шестерни. 4. Втулки блока. 5. Подшипники вала передвижения тележки. 6. Втулки бегунов тельфера. 7. Втулки скатов моста. 8. Вкладыши вала продольного движения. 9. Вкладыши вала ведомой шестерни редуктора продольного движения. 10. Нижние вкладыши редуктора. 11. Втулки вала подъема. 12. Вкладыши вала редуктора подъема. 13. Нижний вкладыш трансмиссионного вала механизма передвижного моста. 14. Хвостовой вкладыш редукторов подъема. 15. Втулка промежуточной шестерни редуктора. 16. Втулки редуктора тележки и верхнего вала. 17. Втулки к валу конуса редуктора. 18. Вкладыш редуктора моста продольного движения. 19. Втулка ведущей шестерни. 20. Вкладыш верхнего валика редуктора. 21. Вкладыш вала редуктора тележки. 22. Вкладыш червячного колеса хода тележки. 23. Втулки хода тележки (буксы). 24. Вкладыш червячного колеса подъемного вала. 25. Вкладыши подъемного барабана. 26. Вкладыш блоков. 27. Вкладыши вала червячного колеса редуктора движения тележки.

Ручные краны при 2,5-т молотах. 1. Втулки валиков блочков. 2. Втулки барабана.

Кран 10/15-т. Втулки в тросовых роликах.

Колошниковый кран. Средний вкладыш трансмиссионного вала хода моста.

Кран склада болванок. Втулка подвешенного ролика.

Разливочные краны. Втулки направляющей коробки вертикальных червяков.

Мостовой 5-т кран. 1. Втулки бегунов хода моста. 2. Втулки ролика подвески подъема груза. 3. Вкладыши червячной шестерни редуктора тележки. 4. Вкладыш ведомого вала редуктора хода моста. 5. Вкладыш подшипника трансмиссионного вала. 6. Вкладыш червячной шестерни редуктора подъема груза. 7. Вкладыш конечного подшипника подъема груза.

Грейферный кран рудного двора. Вкладыш направляющей муфты.

Дрейфовые и миксерные электрокраны. Вкладыш трансмиссионного вала хода моста.

Мульдо-магнитные краны. Вкладыши трансмиссионного вала хода моста.

Паропутевые краны. 1. Вкладыш шестерен механизма подъема груза. 2. Вкладыши механизма подъема стрелы. 3. Вкладыши фрик-

ционного вала подъема стрелы. 4. Втулки червяка подъема стрелы. 5. Втулки храпового колеса подъема стрелы. 6. Втулки кронштейна механизма подъема стрелы. 7. Втулки направляющего блока механизма подъема стрелы. 8. Втулки блока для подъема груза. 9. Втулки шестерен механизма поворота. 10. Вкладыши подшипников червяка механизма поворота. 11. Втулки червяка наклонного вала механизма поворота. 12. Вкладыши подшипника наклонного вала механизма поворота. 13. Втулки опорного вала механизма поворота. 14. Втулки конической шестерни механизма хода. 15. Втулки подпятника вертикального вала механизма. 16. Вкладыши среднего вала механизма хода. 17. Втулки барабана лебедки. 18. Сальники цилиндра паровой машины. 19. Втулки предохранительного клапана. 20. Корпус и пробки регулирующего крана паропровода. 21. Золотники.

Электралебедки и тельферы. Втулки подъемного ролика.

Лебедки для подъема заслонок печей. Червячные шестерни.

Завалочная шаржирная машина. Втулки глухих подшипников механизма поворота.

Лебедки балансира печей. Втулка направляющего блока.

Электротельфер. 1. Втулки червяка. 2. Втулка роликов болтов.

Элеватор. Подшипники.

Экスカлятор одноковшовый, полноповоротный, универсальный паровой с ковшем емкостью 0,75 м³ (завод „Рабочий металлист“).

1. Вкладыши роликов ходовой рамы. 2. Подшипники полуоси гусеничного хода. 3. Втулка в направляющем камне. 4. Втулка кулисного валика. 5. Ролики стрелы, педали.

Пильгер-стан (рабочая клеть). 1. Втулка упорного буфера. 2. Верхний вкладыш храповика. 3. Нижний вкладыш храповика. 4. Седло клапана и клапан. 5. Стакан. 6. Втулка несущей рамы. 7. Гайка нажимных винтов.

Рольганги для подачи слитков к стану и пилам. Вкладыши.

Рольганги для трансмиссионных валов. Вкладыши.

Рольганги большого штифеля. Втулки выбрасывателя.

Подающий рольганг. Вкладыши к валам редуктора.

Отводящий рольганг. 1. Вкладыши к валам редуктора. 2. Вкладыши для роликов. 3. Вкладыши для трансмиссионного вала.

Подводящий рольганг. Вкладыши для роликов.

Рольганг шлеперной установки. Верхний вкладыш рольганга 1-й клетки.

Рольганг блюминга. Верхние вкладыши.

Транспортный рольганг. 1. Вкладыши для роликов. 2. Втулки рольганга.

Рольганг перед обжимным станом. 1. Верхние вкладыши рамы роликов. 2. Верхние вкладыши трансмиссионного вала.

Мельницы, бегуны, дробилки

Доломитные мельницы. 1. Вкладыши трансмиссионного вала. 2. Втулка бегунов. 3. Втулка ворота. 4. Втулка подпятника. 5. Вкладыши для нижнего и верхнего валов. 6. Вкладыши тумбы.

Паровая мельница камнетейной. Вкладыши цапф барабана.

Паровые мельницы (мукомольные). Вкладыши валков вальцевых станков.

Грохот коксовый шириной рабочей части „1530“ и „1230“, модель 1938 г. 1. Втулка паразитной шестерни. 2. Разрезное кольцо.

Воронка для взвешивания кокса. Ролик циферблатной коробки. *Подъемник коксовой мелочи.* Вкладыши лебедки. *Тарельчатые мельницы.* Вкладыши вертикального вала. *Бегуны.* 1. Подшипник ведущего вала. 2. Втулки вертикального вала. 3. Втулки ската. 4. Втулки горизонтального вала. 5. Втулки шкивов.

Бегуны кварцевые. Втулки подпятника.

Бегуны динасовые. 1. Букса холостого шкива. 2. Втулка подпятника холостого шкива.

Бегуны шалотные и доломитные. 1. Втулки катков. 2. Втулки вала барабана. 3. Вкладыш вала контрпривода.

Бегуны для размола огнеупорной глины. Вкладыши для вертикального вала.

Вальцы зубчатые. 1. Вкладыши подшипника привода. 2. Втулка холостого шкива вала зубчатого барабана.

Дробилка Блека. 1. Втулка холостого шкива. 2. Вкладыши опорного подшипника.

Глиномялка. 1. Втулки катков. 2. Вкладыши трансмиссионного вала. 3. Нижняя втулка подпятника. 4. Верхняя втулка вертикального вала. 5. Втулка холостого шкива.

Дробилка доломита. Нижние втулки вертикального вала.

Горизонтальная мялка. 1. Втулка вала шнека. 2. Втулка редуктора.

Металлургическое оборудование

Правильный станок. Втулки букс и направляющих.

Правильно-помировальная машина Леве. Ножи.

Правильно-обрезные машины Леве. Сухари.

Тянульно-клещевые машины. Втулки редуктора и главного вала.

Отжигательные платформы. Вкладыши букс.

Волоочильный стан Гробцуг. 1. Вкладыши горизонтального вала. 2. Вкладыш контрпривода.

Волоочильный стан. 1. Вкладыши коренного вала. 2. Вкладыши вертикального вала.

Обжимные машины. Вкладыши валиков.

Обжимные станы. Втулки фартука.

Прокатный стан 354—400. Поползунки.

Листпрокатные станы. Подшипники горячих шеек.

Дисковая пила Вагнер. 1. Втулки коробки подачи. 2. Втулки коробки скоростей. 3. Втулки в планке горизонтального винта. 4. Гайка подачи салазок. 5. Гайка супорта.

Толкатели к печам. 1. Втулки направляющие. 2. Вкладыши винта. 3. Вкладыши редуктора толкателя. 4. Вкладыши промежуточного вала. 5. Втулка параллелей. 6. Втулка головки.

Толкатели томильной печи. Гайка ходового винта.

Толкатели 40-т. Втулки у штоков.

Толкатели 20-т. Втулка для направляющих.

Притиры для резбовых калибров. Подшипники.

Тележка для слитков. Втулка бегунов.

Коксовые, шлаковые, рудные тележки и вагонетки. Вкладыши оси.

Шихтовые вагонетки. Вкладыши оси.

Подъемный стол обжимного стана. Втулки направляющих роликов.

Подъемный стол стана „650“. 1. Вкладыши вала тройника. 2. Вкладыши нажимного вала.

- Рабочая клеть стана „650“.* 1. Гайка нажимного устройства.
2. Втулки нажимного вала червяка.
Подвижной стол печи. Вкладыш вала червяка.
Кантователь 2-й клетки. Вкладыш вала поворота.
Качающийся подъемный стол. Втулки к цилиндрам.
Продольно-подъемный стол. Втулки.
Привод подъема стола. Верхний и нижний вкладыши.
Кантователь стана „300“. Вкладыши для валов редуктора.
Ножницы Вейнгартен. Вкладыши бугеля.
Пресс-ножницы для резки полос. Вкладыши подающего ролика.
Пресс-ножницы. Втулка эксцентрикового вала.
Роликовые ножницы. Втулка эксцентрикового вала.
Роликовые ножницы. 1. Втулки нижнего и верхнего валов.
2. Втулка рабочего вала.
Ножницы гильотинные. 1. Втулки приводного вала. 2. Втулки вала контрпривода.
Тугуновозные ковши. Втулки кантовального вала.
Разливочные ковши. Втулки цапфы.
Шлаковые ковши. 1. Втулки механизма поворота. 2. Обод червячного колеса кантователя.
Ручные подъемы печных крышек. Втулки блока подъема.
Выбивные решетки. Втулки вибратора.
Канаты шлеперные. Буксы бегунов тележки.
Раскатный станок. Вкладыш вала контрпривода.
Грохота Гризли для отсева кокса. 1. Вкладыши промежуточного верхнего вала. 2. Вкладыш верхнего вала звездочки. 3. Вкладыш нижнего вала звездочки.
Доменная печь. 1. Холодильники шихты. 2. Гляделки печи.
3. Втулки тягового устройства большого конуса. 4. Направляющие шкивы. 5. Шиберные кольца с охлаждением шибера горячего дутья. 6. Амбразуры воздушных фурм. 7. Язык шибера горячего дутья с охлаждением.
- Мусороподъемник.* 1. Втулки верхнего и нижнего роликов. 2. Втулки передних и задних колес.
Аппарат Мак-Ки. 1. Вкладыши сегмента. 2. Уплотняющее кольцо.
Вагон-весы. 1. Вкладыши трансмиссионного вала. 2. Втулки планетарной передачи.
Стан трио Б. 1. Вкладыш к валам подъемного стола. 2. Вкладыш ролика подъемного стола.
Вталкиватель проволочного цеха. Буксы ролика зубчатой рейки.
Листоправильная машина. Втулки верхнего вала.
Отбрасывающее устройство ножниц. Втулки тяги отбрасывателя.
Листопрокатный стан для кровельного железа. Боковые подшипники валков.

Вагоны, паровозы

- Вагон 16,5-т (Наркомат путей сообщения)*.* Подшипники.
Паровозы типа 137, 154, 155, 040. Наличники.
Паровоз 2-3-2. Предохранительный и спускной клапаны.
Паровоз серии Э 1936 г. 1. Грундбукса и кольцо спускного крана грязевика. 2. Втулка маховичка дверки дымовой коробки. 3. Корпус воздухораспределительного крана песочницы. 4. Маховички арматуры. 5. Прокладные кольца арматурные. 6. Грундбукса спускного крана

топки. 7. Прокладное кольцо крана топки. 8. Кольцо сальника спускного крана топки. 9. Паровое сопло клапана. 10. Втулки сальника регулятора пара. 11. Втулка передней золотниковой крышки. 12. Планки кулачка золотника. 13. Подшипники переводного вала. 14. Втулки цапфы кулисы. 15. Вкладыш подшипника переводного винта.

Паровоз серии ЭУ 1930 г. 1. Гайка винта механизма конуса. 2. Прокладное кольцо пароразборной колонки. 3. Тройник соединения трубок. 4. Прокладное кольцо парового крана. 5. Втулка сальника парового крана инжектора. 6. Кольцо прокладное предохранительного клапана. 7. Планка водоуказательных приборов. 8. Коробка масленки цилиндрического сальника. 9. Маховичок к вентилям, угольники, ниппели, тройники, муфты трубопроводов, автотормоза. 10. Тройники и колена крана Лешателье с винтовым соединением.

Паровоз серии О⁶ 1922 г. 1. Кольца валика малого золотника регулятора. 2. Коробка сальника регулятора. 3. Сальник регуляторный. 4. Масленки цилиндров и золотников. 5. Опорная втулка пружины предохранительного клапана ресивера.

Паровоз серии СУ 1936 г. 1. Наличники направляющей рессоры задней поддерживающей оси. 2. Втулка направляющей золотниковой скалки.

Тендер паровоза серии Э^м и ЭУ. Корпус масленки скользящей подушки.

Паровозы ФД, ИС 1937 г. 1. Втулка вала многоклапанного регулятора. 2. Втулка главного запорного клапана. 3. Заслонка крана Эверластинг. 4. Тройник установки теплой промывки котла. 5. Маховик вентиля. 6. Фирменная доска. 7. Вкладыш переводного винта. 8. Втулка переводного винта.

Паровоз серии СО 1938 г. Гнездо перепускного клапана турбины вентилятора.

Тракторы, автомашинны

Трактор СТЗ-НАТИ (СТЗ).* 1. Передняя втулка распределительного вала. 2. Задняя втулка распределительного вала. 3. Средняя втулка распределительного вала. 4. Втулка паразитной шестерни. 5. Втулка балансира наружная, большая. 6. Втулка балансира внутренняя, большая. 7. Втулка нажимного диска. 8. Втулка масляной шестерни.

Трактор ЧТЗ (ЧТЗ).* 1. Втулки вала масляного насоса. 2. Втулка шестерни привода „Динамо“. 3. Втулка двухосного прицепа.

Грузовая машина ГАЗ-АА (Автобаза Мосгорвнуторга).* 1. Втулки задней рессоры АА5781. 2. Втулки подушек задней рессоры АА5790—13.

Грузовые машины ЗИС-5. 1. Втулки задней рессоры 14-101. 2. Втулка передней рессоры 17061. 3. Втулки кронштейна задней рессоры 19-0116. 4. Втулки рычага ручного тормоза 32-0910. 5. Втулка вала выключения.

Велосипеды (Московский велозавод).* Тормозная лента.

Автокар Кларк. Втулка подъемной площадки.

Электрокар Э-Паркер. Втулка подъемной площадки.

Оборудование электропечей, электромоторы

Высокочастотные электропечи („Электросталь“).* 1. Втулка штанги. 2. Втулка пальца. 3. Втулки роликовые. 4. Втулки кронштейна. 5. Упорные кольца. 6. Вкладыши. 7. Гайки наклона печи.

Электронечи. 1. Гайки супорта. 2. Втулки роликов. 3. Вкладыши винта механизма наклона.

Трехфазный мотор завода и.м. Лепсе. 14,5 kW; 1500 об/мин; 10,5 кг/см². Втулки вала ротора.

Электромоторы 0,5—20 л. с.; n = 1450 об/мин (Завод „Электрo-лампа“).* Втулки вала ротора.

Разное (разные и мелкие предприятия)*

Очистной барабан литейный. Вкладыши вала.

Литейный конвейер Штера. Втулки роликов.

Гильзовые машины системы Семенова, Раковицкого и Астра.

Втулки.

Центробежные насосы. Диск корпуса.

Гидравлический насос. Рубашки плунжера.

Насосы известкового раствора. Рабочее колесо.

Станок 1618 завода „Коммунар“. 1. Втулки коробки подачи.

2. Втулки супорта.

Контрприводы. Втулки.

Специальные весы завода и.м. Старостина. Втулки сальников.

Эскалатор метрополитена. Втулки бегунков.

Дожкраты 0—5,5-т. Гайка.

Мешатели системы Артема. 1. Втулки сальника. 2. Втулки лопастного вала.

Ветровой двигатель для сельскохозяйственных нужд. Вкладыши главного вала.

Компрессоры до 6 ат системы Михайловского, тип № 3. Подшипники.

Литниковый пресс. Втулка параллелей.

Производство серной кислоты башенным способом (НХМ Химпрома).* 1. Кислотопроводы и распределительные желоба насосного отделения (кроме желобов, выводящих кислоту из 1-го Glovera, замена свинца). 2. Корпуса и крышки гидравлических затворов башен, кроме башни Glovera (замена свинца). 3. Вентили на кислотопроводах всех башен, кроме первой (замена гартблея).

Производство соляной кислоты. Трубопроводы для серной кислоты (замена свинца).

Производство монтан-селитры. Трубы для производства серной кислоты (замена свинца).

По каучуковой промышленности. Центробежные насосы завода „Борец“. 1. Втулки корпуса. 2. Кольцо сальника. 3. Лопастное колесо.

4. Направляющий аппарат. 5. Диск направляющего аппарата.

Центробежные насосы завода и.м. Калинина. Втулки корпуса.

Паровые насосы Даусон. 1. Поршень водяного цилиндра. 2. Поршневые кольца. 3. Гильзы водяного цилиндра. 4. Вкладыши кривошипа.

Калифорнийские насосы $Q = 10 \text{ м}^3$ (Наркомат угольной промышленности).* Вкладыши в колонку, втулки, грундбоксы.

Насосы циркуляционные $Q = 500 \text{ м}^3$. Смазочное кольцо.

Компенсатор. Вкладыши диаметром 75—120 мм.

Насосы „Ратто“, „Зульцер“. Турбины.

Баггер. 1. Втулка роликовая для поддержания канатов ковшевой рамы. 2. Втулка звездочек передач на транспортер. 3. Втулки роликовые управления кулисных муфт и блокирующего устройства. 4. Втулки натяжного центра звеньевое транспортера. 5. Венец и втулка червячной передачи. 6. Втулка звездочек передачи к ковшевой раме.

Машины гидроторфа, пенсевой кран:

- Механизм подъема грейфера.* 1. Вкладыш к червячной коробке.
2. Втулки и вкладыши, детали 433627; 3819; 433630.
- Механизм поворота крана.* 1. Втулка колеса. 2. Втулка и подшипник редуктора. 3. Втулка червячной коробки (деталь 433400).
- Механизм передвижения крана.* Втулка и вкладыш.
- Торфососный кран.*
- Механизм подъема торфососа.* Втулка и вкладыш.
- Механизм подъема грейфера и поперечного передвижения.*
1. Втулка и вкладыш. 2. Стопорное кольцо.
- Механизм подъема крана старого стандарта.* 1. Вкладыш и втулки. 2. Грундбуксы.
- Машина передвижного торфососного крана нового стандарта.*
1. Втулка стали. 2. Грундбуксы.
- Механизм подъема торфососного крана нового стандарта.*
- Вкладыши.
- Торфосос нового стандарта.* Втулка в направляющем аппарате.
- Торфосос стандартный.* 1. Верхнее кольцо. 2. Нижнее кольцо.
3. Сменное кольцо.
- Растиратели (нового и старого стандартов).* 1. Вкладыши.
2. Грундбуксы.
- Компрессор Горловского завода.* Глухой подшипниковый регулятор.
- Вентилятор РАТО 4300 мм.* Шестерня.
- Насос „Триплекс“ Горловского завода.* Стаканы.
- Центробежные песковые насосы.* Крестовина, втулка уплотняющая.
- Баггер электрический завода „Торфмаш“.* 1. Втулки: 1) шпренгельной фермы, 2) ковшевого поддерживающего валика, 3) гусеницы верхнего ролика, 4) тормозного конуса гусеницы, 5) редуктора рабочего самохода, 6) трансмиссии фрикционной муфты, 7) трансмиссии поперечной рамы. 2. Втулки звеньев: 1) транспортера, 2) нижнего рольного стола, 3) натяжной станции, 4) редуктора рабочего самохода. 3. Вкладыши: 1) трансмиссии верхней, 2) трансмиссии нижней, 3) звеньев транспортера, 4) головной части канатного транспортера.
- Транспортер РТШ завода „Свет шахтера“.* Шайбы.
- Вертлюг ШВ-3-150 (Наркомнефть)*.* 1. Втулка. 2. Грунтонос.
3. Втулка группы сальника.
- Вертлюг ШВ-4-150.* 1. Втулка верхнего сальника. 2. Втулка группы сальника. 3. Грундбукса.
- Вертлюг ШВ-5-75.* 1. Втулка верхнего сальника. 2. Грундбукса.
3. Втулка группы сальника.
- Вертлюг ШВ-5-75-М.* 1. Втулка группы сальника. 2. Грундбукса.
3. Втулка верхнего сальника.
- Катушка ШКБ-2, ПИР-2-4. Втулки.* 1. Задвижка диаметром 2 $\frac{1}{2}$ " на 150 и 250 ат низкого давления. 2. Гайка указателя. 3. Втулка (ковкий чугун). 4. Задвижка диаметром 4" на 150 и 250 ат. 5. Втулка. 6. Гайка указателя (ковкий чугун). 7. Задвижка на 150 ат. 8. Втулка (ковкий чугун). 9. Задвижка диаметром 6" на 250 ат низкого давления. 10. Втулка (ковкий чугун).
- Компрессор Т-10.* 1. Втулка сальника. 2. Вкладыш ушка. 3. Вкладыш ушка эксцентрика. 4. Грундбукса.
- Компрессор Т-8.* 1. Грундбукса штока. 2. Втулка сальника. 3. Грундбукса. 4. Ползун крепкокофа.
- Компрессор ВГ-50 и ВГ-8.* 1. Грундбукса крышки. 2. Грундбукса крышки цилиндра.
- Компрессор Ингерсоль-Ранд 6.* 1. Грундбукса рамной крышки. 2. Грундбукса наружной крышки. 3. Втулка сальника литого. 4. Втулка сальника всасывающей трубы.

Станок-качалка СК-4 1800. 1. Втулка кривошипного вала. 2. Втулка серьги.

Станок-качалка СК-10 1350. Втулка серьги 78.

Групповой привод Вирт. 1. Гайка корпуса перекидки. 2. Шайба опорная для шестерни.

Подъемник Кершенбаума. Венец червячного колеса.

Лебедка скоростная. 1. Втулки роликов. 2. Втулки шестерни. 3. Втулка корпуса. 4. Сальник корпусов.

Ротор открытого типа. Подшипник роторный.

Насосный цилиндр простого действия диаметром 4" для штанговых колодезных насосов (Наркомат общего машиностроения).* Клапаны всасывающий и нагнетающий.

Формовочная машина ВФ-12, ВФ-13, ВФ-20 (Герман), ВФ-7 (Обсорн). Втулки.

Щеточный просеватель с наклонным шнеком. Вкладыши и втулки 23; 106; 15; 16.

Семеновейка (30 т/сутки). Втулки детали 9.

Семеновейки. 1. Втулка верхняя детали 7. 2. Втулка нижняя детали 20.

Шнековый элеватор ШН. Втулки корпуса 11 и 12.

Вакуумнасос УНВ. Вкладыш детали 24; 25.

Сиропный насос УНС. Вкладыши верхний и нижний, верхний и нижний клапаны.

Монпансейная машина ШШВ. Втулки деталей 13; 61; 62; 102; 121; 170; 180.

Бегельная машина К. Втулки деталей 71—74; 88; 89.

Замена низкосортного чугуна

Чугуны Ц-1 и Ц-2 являются не только заменителями дефицитных цветных сплавов, но и заменителями низкосортного чугуна. Как известно, чугун широко применяется для различных деталей, подвергающихся в процессе работы износу. Замена применяемого чугуна другим, более устойчивым против износа, в данном случае антифрикционным, имеет большое значение для промышленности.

Имеется много отзывов об улучшении работы агрегатов при переходе на чугуны Ц-1 и Ц-2 (завод КИМ, „Карболит“, I ГПЗ и др.).

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПЕРЕХОДА С БРОНЗЫ НА ЧУГУНЫ Ц-1 и Ц-2

Успешность внедрения чугуна взамен бронзы немаловажна без учета достижений и неудач

Важнейшим условием является подробная, грамотная техническая документация, приводимая ниже.

К заказу на чугуны Ц-1 и Ц-2 и нормаль на размеры болванок и втулок

При заказе антифрикционного чугунного литья необходимо сообщить литейщику следующие данные в части характеристики подшпника:

1) основные размеры (внутренние и внешние диаметры и длина) или приложить чертеж — см. нормаль — табл. 22;

- 2) удельное давление в кг/см²;
 3) окружную скорость в м/сек;
 4) характер нагрузки (спокойная, ударная);
 5) характер работы подшипника (условия смазки, наличие пыли, грязи);
 6) качество вала (марка стали — твердость по Бринеллю).
 Литье изготавливается по нормали, приведенной в табл. 22.

Таблица 22

Нормаль на размеры болванок и втулок из антифрикционного чугуна¹

№ по пор.	Левая часть				№ по пор.	Правая часть			
	Диаметр болванок в мм	Вес штуки в кг	Размер втулок в мм	Вес штуки в кг		Диаметр болванок в мм	Вес штуки в кг	Размер втулок в мм	Вес штуки в кг
1	30	2,2	100 × 50	22,5	11	80	15,8	160 × 100	35
2	35	3,0			12	85	17,8	160 × 120	30
3	40	4,0	120 × 60	26,0	13	90	20,0	170 × 100	48
4	45	5,0	120 × 80	20,0	14	100	24,6	170 × 130	28,5
5	50	6,2	130 × 70	29,0	15	120	35,6	180 × 130	35,5
6	55	7,4	130 × 90	22,0	16	140	48,3	200 × 150	40,0
7	60	8,9	140 × 80	29,0	17	150	55,6	200 × 130	38
8	65	10,4	150 × 100	30,0	18	180	80,0	240 × 200	42
9	70	12,0	150 × 90	34,0	19	200	98,6	260 × 220	46
10	75	13,8	150 × 120	20					

Пример заполнения "Типовой формы журнала эксплуатационных испытаний антифрикционного чугуна взамен бронзы"

1. Дата испытания 1/VII 1936 г.
2. Втулка № (порядковый) 44
3. Годовой расход бронзы в кг 300
4. Наименование механизма, на котором проводится испытание, его модель, плановый № Браун-Шарп № 29
5. Наименование испытываемой детали . Втулка вала наждачных камней
6. № чертежей 205
7. № деталей 99
8. Эскиз деталей с основными размерами и с указанием смазочных канавок, кинематическая и динамическая схемы рабочей детали Эскиз прилагается

¹ Составлена по данным опроса 80 заводов-потребителей чугунов Ц-1 и Ц-2.

9. Материал сопрягающейся детали, его термообработка	Ст. 6, сырая
10. Твердость по Бринеллю сопрягающейся детали	180
11. Число оборотов в минуту	3500
12. Окружная скорость в <i>м/сек.</i>	5,13
13. Удельное давление в <i>кг/см²</i> , характер нагрузки	3 спокойная
14. Химический состав, микроструктура и твердость заменителя бронзы . . .	Ц-1
15. Метод смазки, род масла, режим смазки	Масленка Шарко, масло Вольта, масленка в открытом виде
16. Диаметр испытываемой детали <i>до</i> испытания в <i>мм</i>	27,70
17. Диаметр сопрягающейся детали <i>до</i> испытания в <i>мм</i>	27,64
18. Зазор после монтажа <i>до</i> испытания в <i>мм</i>	0,06
19. Диаметр испытываемой детали <i>после</i> испытания в <i>мм</i>	27,74
20. Диаметр сопрягающейся детали <i>после</i> испытания в <i>мм</i>	27,58
21. Зазор после испытания в <i>мм</i>	0,16
22. Температура окружающей среды . . .	20°
23. Температура испытываемых деталей во время работы	45°
24. Характер обработки трущихся поверхностей испытываемых деталей . .	Обработка на токарном станке с по- следующей шабровкой
25. Вид трущихся поверхностей после испытания	Чистая
26. Срок износа деталей из заменяемого материала (бронзы) в днях	12
27. Срок износа деталей из антифрикционного чугуна в днях	21
28. Условия работы деталей (в смысле пыльности, влажности, попадания песка, обеспеченности смазкой и т. п.).	Удовлетво- рительные
29. Продолжительность работы станков в течение суток в часах	18
30. Процент износа станка, считая за 100% ₀ новый или капитально-отремонтированный	70
31. Заключение о возможности перехода на антифрикционный чугун	Вполне возможно

Технические условия на изготовление, приемку и применение чугунов Ц-1 и Ц-2

1. Антифрикционные (подшипниковые) чугуны Ц-1 и Ц-2 представляют собой перлитовые, ваграночные, малофосфористые, легированные чугуны со средним или повышенным количеством пластинчатого графита в структуре, предложенные для применения в качестве заменителей бронзовых втулок и вкладышей подшипников для случаев невысоких, сравнительно спокойных нагрузок и скоростей, при работе с хорошо обеспеченной надлежащей смазкой при условии точной механической обработки рабочих поверхностей.

2. Чугуны имеют следующую кондиционную структуру: основная масса — перлит, карбиды типа цементит или другие отсутствуют; феррит отсутствует, либо содержание его не превосходит 15% в поле зрения. Фосфидная эвтектика — в виде мелких включений, графит — в среднем или повышенном количестве.

3. Приемка литья производится по внешнему виду, по твердости и микроструктуре. Раковины на трущихся поверхностях недопустимы. Твердость отливок должна быть в пределах 160—229 по Бринеллю. Определение и браковка по твердости производится в соответствии с ОСТ 8827. Определение и браковка литья по микроструктуре производится в соответствии с классификацией ЦНИИТМАШ. Маркировка литья обязательна. Нормальный химический состав дан в табл. 23.

Таблица 23

Марка чугуна	C _{общ}	Si	Нормальный химический состав в %						
			Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al
Ц-1	3,2—3,6	2,2—2,4	0,6—0,9	0,15—0,20	0,12	0,2—0,35	0,3—0,4	0,15—0,20	0,1—0,15
Ц-2	3,2—3,6	2,2—2,4	0,6—0,9	0,15—0,20	0,12	0,2—0,35	0,3—0,4	—	—

4. В ваграночную шихту обязательна присадка природно-легированных чугунов, предпочтительно елизаветинского; медь и алюминий присаживаются в ковш и на жолоб.

5. Чугуны Ц-1 и Ц-2 успешно работают при сырых и закаленных валах. Однако при повышенных удельных давлениях желательно, чтобы твердость вала превышала твердость подшипника. Чугуны Ц-1 и Ц-2 пониженной твердости (160—180) рационально применять при сырых валах; те же чугуны повышенной твердости (210—229) — при термически обработанных валах.

6. При переходе с бронзы на чугун конструкции подшипника и качество масла не изменяются. Однако смазка должна быть обеспечена; сухое трение недопустимо. Рекомендуются прямые смазочные канавки.

7. Отделка трущихся поверхностей чугуна должна быть высокой. Практикуется шабровка чугунной втулки и шлифование вала.

8. Рекомендуется предварительная приработка на малых нагрузках и числе оборотов (холостой ход в течение нескольких часов) или работа станка в начальный период работы с трехминутными остановками.

9. Рекомендуется увеличивать зазор по сравнению с бронзой на 10—15%.

10. Допустимые пределы применения: P не более 40—50 кг/см²; v не более 5 м/сек, причем Pv не более 20—25 кгм/см² сек.

Редактор *В. М. Шестопал*. Техн. редактор *Е. Н. Симкина*.

Изд. № 23. Сдано в набор 21/IV 1940 г. Подп. к печ. 21/V 1940 г.
Индекс МО-45-5-3. Тир. 800 экз. Печ. листов $4\frac{1}{4}$. Бум. л. $1\frac{1}{16}$.
Формат бумаги $84 \times 108\frac{1}{32}$. Уполн. Мособлгорлита № Б-4556.
Уч.-авт. л. 4,64. Учетн. № 2753. Заказ № 4976.

1-я типография Машгиза НКГМ. Ленинград, ул. Моисеенко, 10-

Цена 2 р. 30 к.

МО-45-3

~~150~~
= 150

М-45



0

9080