

# Сдает ли свои позиции чугун?

ЛАЙМОНИС ШТЕЙНБЕРГС

**Почти половина современных машин собирается из литых деталей, две трети которых изготовлены из чугуна. Выпуск чугунного литья в нашей стране непрерывно растет.**



**ШТЕЙНБЕРГС  
ЛАЙМОНИС  
РОБЕРТОВИЧ**  
(род. в 1934 г.)  
окончил  
металлургический  
факультет  
Ленинградского  
политехнического  
института. В 1969 г.  
защитил кандидатскую  
диссертацию о влиянии  
газов на структуру и  
свойства чугуна. Доцент,  
заведующий кафедрой  
технологии материалов  
и ремонта автомобилей  
Рижского  
политехнического  
института.

Металлы и их сплавы известны людям уже несколько тысяч лет. Поначалу в дело шли самородки меди, серебра и железа. И только много позже люди научились получать металл из соответствующих руд. Скорее всего, это случилось так. В мощный костер, сложенный из поленьев, попала железная руда. И вот в остывшем костре был обнаружен «волшебный камень» — железо в виде весьма загрязненной шлаками пористой массы, которую нужно еще ковать, мять, выжимая лишнее. Это было, собственно, еще не железо, а мягкая углеродистая сталь (чего древние металлурги не знали). Постепенно обнаружилось, что чем шире и выше костер, тем больше можно обработать руды и получить «губчатого железа», поэтому костры стали обкладывать камнями, скрепляя их глиной.

И однажды, когда был запущен самый высокий рудный горн, на дне его обнаружили полужидкую глыбу металла, которая рассыпалась на мелкие, хрупкие куски при первой же попытке ее ковать. Сплав оказался непригодным для изготовления орудий труда — топоров, ножей или наконечников копий. Возможно, из-за этого его окрестили чушковым, то есть свинским железом, а теперь мы его называем чугуном. Утверждают, правда, что слово «чугун» — китайского происхождения, потому что в Китае этому сплаву нашли применение еще 2500 лет назад.

Что же произошло в высоком горне? Восстановленное из руды железо насытилось углеродом в гораздо большей степени, чем обычно, и вместо малоуглеродистой стали получился чугун. Высокий горн — это прообраз современной доменной печи.

Широкое производство литых изделий, в том числе из чугуна, началось в средние века и с тех пор непрерывно развивалось, особенно в XVIII и XIX столетиях.

Сегодня трудно найти какую-либо отрасль приборо- и машиностроения, в которой бы не использовались литые

чугунные детали. Из чугуна изготавливают множество разнообразных деталей — от самых мелких, тонкостенных (2—4 мм), сложной конфигурации и массой в несколько граммов до крупных, массой в несколько сотен тонн. Общая масса чугунных отливок станкостроительного литья составляет 70—80% массы станков. Выпускается около 200 000 наименований отливок — от 0,1 кг до 100 т. Различные сорта чугуна применяются и в автомобилестроении. Из чугуна отливаются блоки цилиндров, поршневые кольца, тормозные барабаны, кронштейны и другие детали, многие из которых раньше делались только из стали.

Выделились даже специальные направления чугунолитейного производства, обслуживающие отдельные отрасли техники и народного хозяйства.

Это литье для электротехнической промышленности (станины электродвигателей, подшипниковые щиты и другие), сложное санитарно-техническое литье (секции отопительных котлов и радиаторов, ребристые трубы, ванны, трубы канализационные, раковины), чугунные балки и валы для сталепрокатных цехов и бумагоделательных машин. Только на производство изложниц — чугунных форм массой от 0,1 до 27 т для разлива жидкой стали и получения заготовок — расходуется в год более 2 млн. т чугуна. Расширяется производство напорных труб и различных сортов чугуна.

Чугун издавна применялся и применяется ныне в качестве материала для художественного литья и изготовления архитектурно-строительных деталей. Из него отливают художественно оформленные двери, оконные рамы, ворота, столбы-колонны, лестницы, балюстрады и другие детали архитектурных сооружений, перила мостов, садовые ограды, парковые скамейки, беседки и т. д. Широко известны замечательные чугунные решетки и украшения мостов и набережных Ленинграда, длина которых в черте города достигает 11 км. Мировой славой пользуется уральское художественное литье, которое достигло вершины в XVIII—XIX веках. Так на Каслинском заводе создана целая галерея скульптур выдающихся деятелей литературы и искусства. Подлинным шедевром стал знаменитый «Павильон», изготовленный специально для Всемирной выставки в Париже в 1900 году и получивший высшую награду — Гран при.

Что же такое чугун? Что позволяет ему успешно конкурировать с другими литейными сплавами? Хотя он известен людям давно, его свойства по-настоящему раскрыты только за последние 20—30 лет.

Как и сталь, чугун является сплавом железа с углеродом, но углерода в нем значительно больше (обычно  $2,5 \div 3,8\%$  от массы, а теоретически — до  $6,67\%$ ). Чугун содержит также естественные примеси — марганец, кремний, фосфор и серу, с присутствием которых необходимо считаться, и еще по крайней мере 20—25 элементов. Даже ничтожные их количества, составляющие тысячные доли процента, иногда заметно влияют на его свойства.

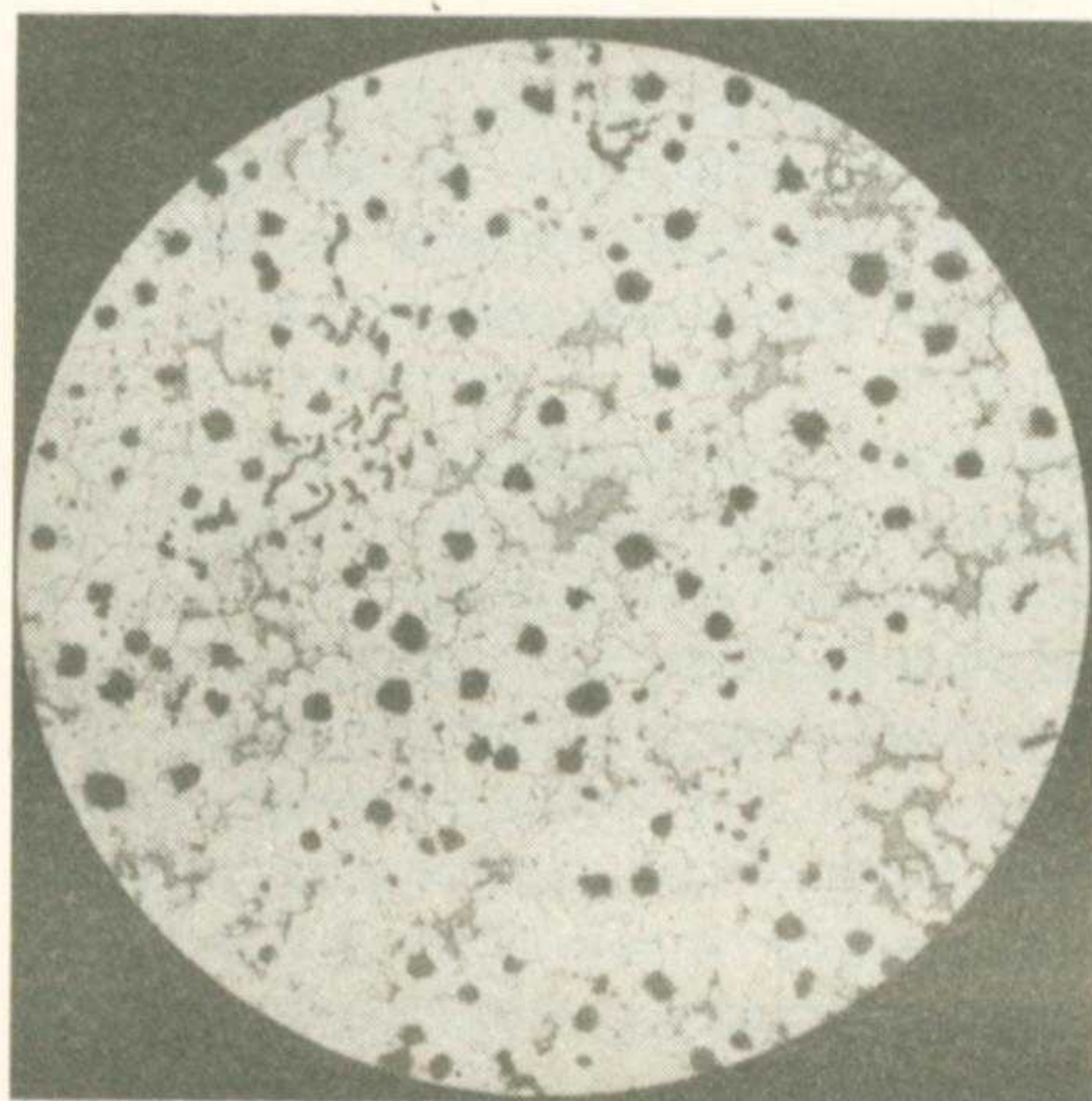
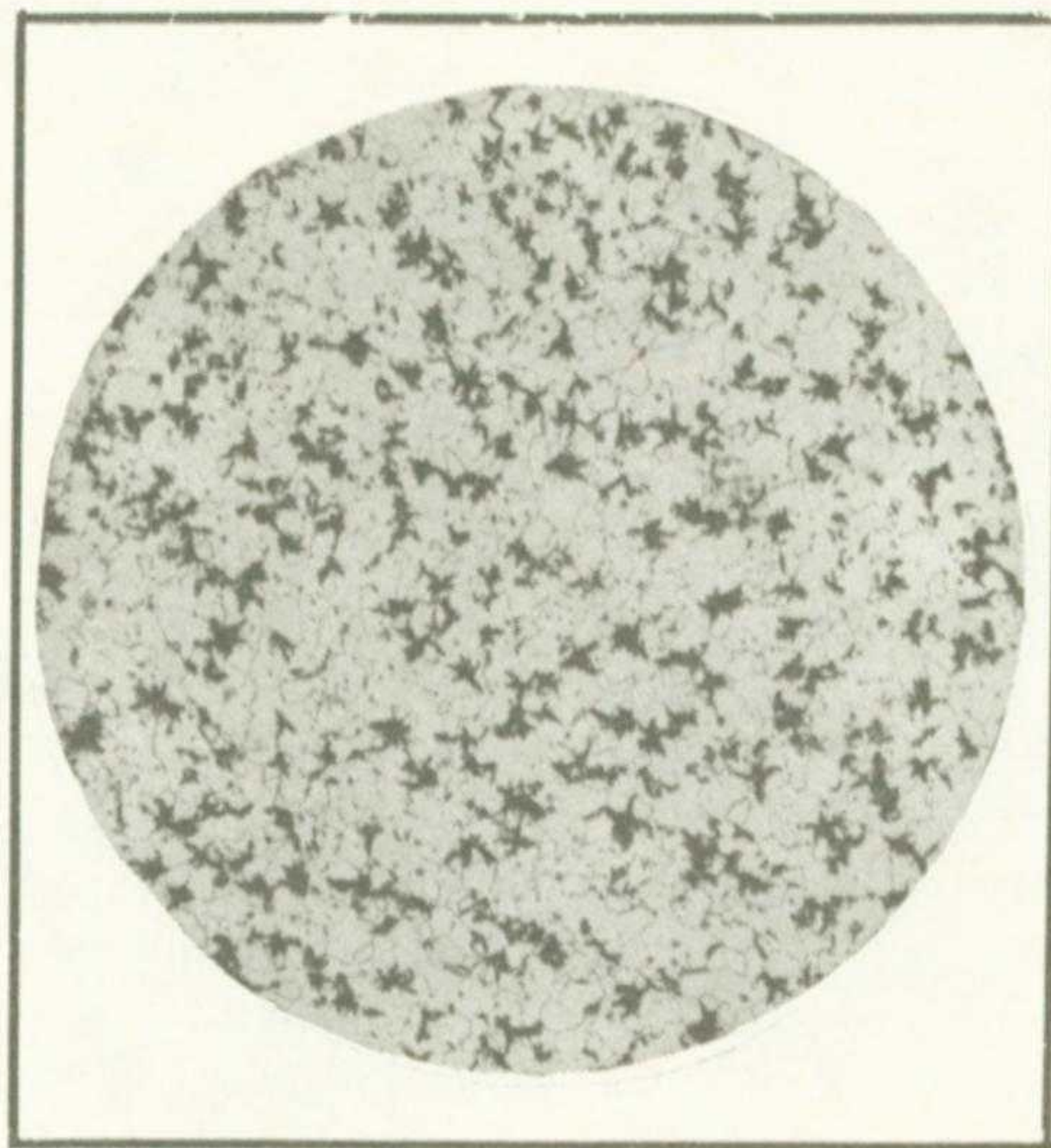
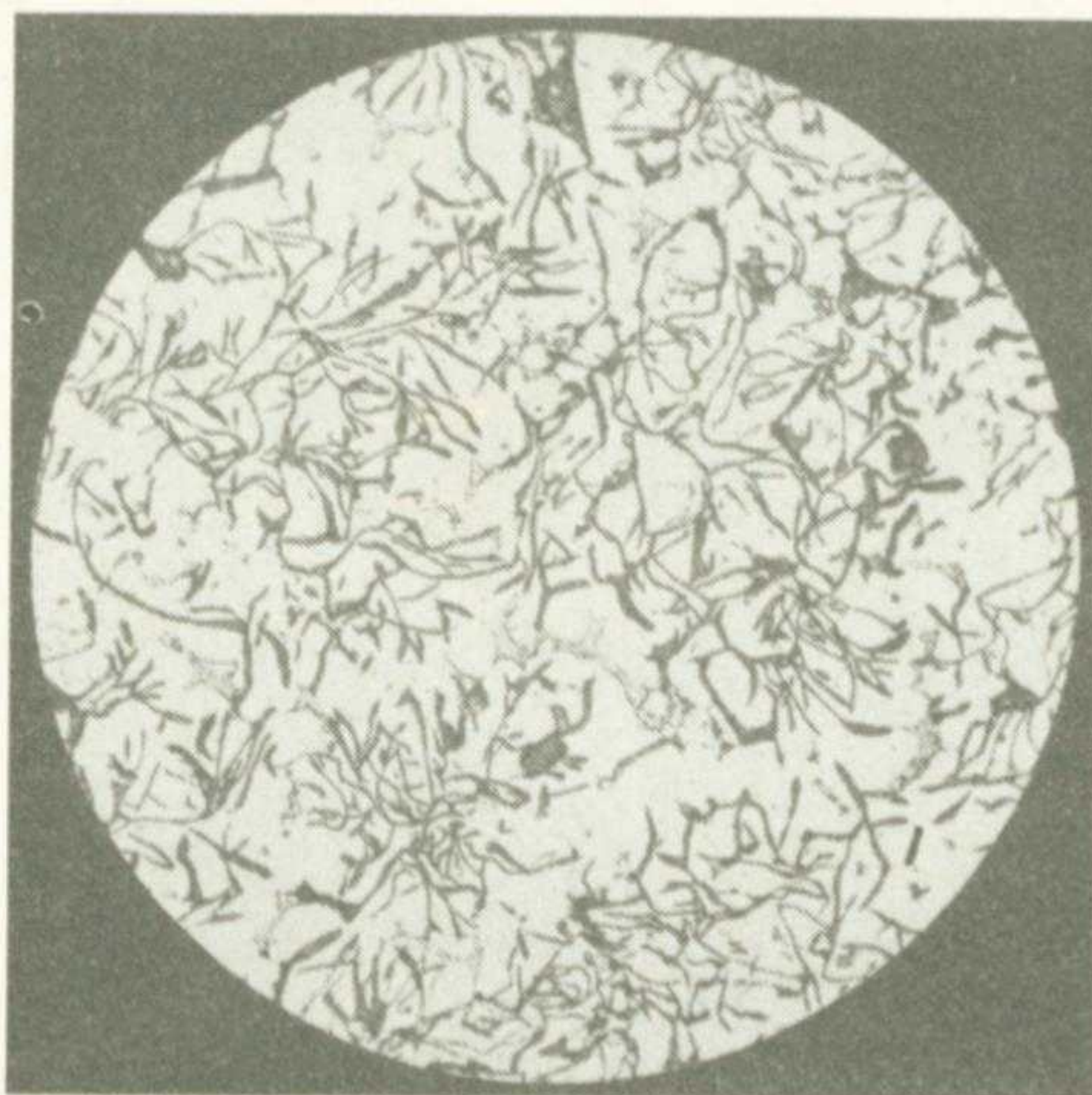
Обычно применяется так называемый серый чугун, в котором углерод в основном находится в свободном состоянии в виде графитных включений, что и является основным, существенным отличием чугуна от стали. Присутствие графита, прочность которого составляет лишь  $2 \text{ кгс/мм}^2$ , ослабляет металлическую матрицу, делает ее непрочной, хрупкой. Поэтому иногда в шутку говорят, что чугун — это «испорченная» графитом сталь и что такой сплав не пригоден для деталей машин, находящихся под нагрузкой. Но не следует спешить с выводами. Дело в том, что свойства чугуна в первую очередь зависят от формы, количества, размера и характера расположения графитных включений в матрице. Именно графит придает чугуну ряд специфических свойств, часто весьма полезных.

Обычная, но самая неблагоприятная форма графита — пластинчатая. Она резко снижает прочность и пластичность сталистой основы сплава. Прочность на разрыв такого чугуна в обычных условиях (без спецобработки) не превышает  $12\text{—}15 \text{ кгс/мм}^2$ , с чем приходилось мириться очень долгое время. Однако литейщики научились управлять процессами образования графита (графитизацией) и получать сплавы с необходимым сочетанием физико-механических свойств. В зависимости от способа производства сейчас получают три основных сорта чугуна: серый (СЧ), ковкий (КЧ) и высокопрочный (ВЧ), которые имеют соответственно пластинчатую, хлопьевидную (компактную) и шаровидную формы графитных включений.

Прочность серого чугуна в настоящее время значительно повышена и достигает  $44 \text{ кгс/мм}^2$  на разрыв и  $64 \text{ кгс/мм}^2$  на изгиб (марка 44—64), однако пластичность и вязкость его все еще недостаточны, и в этом он уступает стали. Но за последние 20 лет в нашей стране создано около 100 марок различных СЧ, конструкторы применяют его во все больших масштабах.

Чем же это объясняется? Во-первых, хорошими литейными свойствами серо-

го чугуна, его дешевой и доступностью. Сравнительно низкая температура плавления и заливки ( $1250\text{—}1350^\circ \text{C}$ ), хорошая жидкотекучесть, малая усадка препятствуют образованию дефектов литья — усадочных раковин,



Характерные формы графита серого, ковкого и высокопрочного чугуна

внутренних напряжений, коробления и трещин в отливках. Технология литейной формы проста, а выход годного литья оставляет  $71\%$  ( $59\%$  у стали). Благодаря графиту чугун обладает рядом полезных эксплуатационных свойств, которых недостает у стали. Так, например, он обладает большой циклической вязкостью (демпфирующей способностью), почти не чувствителен к надрезам (концентраторам напряжений). Графитное включение в теле матрицы гасит колебания, препятствует распространению усталостной микротрещины, которая образуется в процессе эксплуатации детали. Это означает, что чугун хорошо «работает» в условиях вибрационных нагрузок, лучше более прочной стали, которая склонна к так называемому усталостному излому. Кроме того, чугун обладает высокой стойкостью к коррозии и износу. Так, чугунные водопроводные трубы служат более 70, а иногда и до 100—150 лет. Таким образом, «испорченность» стали графитом зачастую весьма полезна, и во многих случаях чугун просто незаменим.

Но нельзя ли получить идеальный литейный сплав, который соединил бы полезные свойства чугуна с высокой прочностью и пластичностью стали? Можем утверждать, что и эта проблема решена. Путем искусственного изменения формы включений графита и легированием удалось значительно повысить прочность и пластичность металлической основы чугуна. Сейчас все шире применяется высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ). Его прочность на разрыв достигает  $120 \text{ кгс/мм}^2$ , относительное удлинение  $6\text{—}20\%$  (показатель пластичности), а ударная вязкость  $8\text{—}12 \text{ кгс/мм}^2$ .

Достигнутая прочность выше прочности некоторых сортов литой стали. В добавление к высоким механическим показателям ВЧШГ имеет целый ряд полезных свойств: высокую стойкость к износу и коррозии, повышенную тепло-, жаро-, хладостойкость, антифрикционные свойства, может подвергаться сварке и автогенной резке, хорошо обрабатывается резанием. В машиностроении этой маркой чугуна уже заменяют  $40\%$  поковок из стали,  $40\text{—}50\%$  стальных отливок, более половины отливок из КЧ, множество сварных деталей, а также значительную часть отливок цветных сплавов.

А если учесть, что легирование и термическая обработка позволяют изменять физико-механические свойства ВЧШГ, то можно с уверенностью сказать, что чугун был и остается одним из основных конструкционных материалов.