



*The article is dedicated to actual problem – use of cast gears of high-test cast iron instead of forged steel ones.*

А. Н. КРУТИЛИН, А. Т. СКОЙБЕДА, Г. В. СТАСЕВИЧ,  
В. С. ЧЕШУН, М. И. КУРБАТОВ, БНТУ

УДК 621.74: 669.13.7

## ЛИТЫЕ ШЕСТЕРНИ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА, ПОДВЕРГНУТОГО ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ЗАКАЛКЕ

Современный этап развития промышленности в Республике Беларусь неразрывно связан с ростом требований к эксплуатационным свойствам материалов. Широкое внедрение прогрессивных конструкционных материалов позволит значительно повысить надежность и долговечность машин и механизмов. Одним из наиболее перспективных материалов является высокопрочный чугун с шаровидной формой графита. Существенное повышение износостойкости, надежности и долговечности деталей из высокопрочного чугуна возможно за счет использования изотермической закалки. Повышенное внимание к этому виду термической обработки вызвано возможностью значительного повышения физико-механических свойств чугуна, снижения металло- и энергоемкости изготовления деталей. В деталях, подвергнутых изотермической закалке, создаются условия, обеспечивающие относительно полную релаксацию как термических, так и фазовых напряжений в отливках, что практически исключает опасность появления закалочных трещин.

Практика показывает перспективность использования чугунов, подвергнутых изотермической закалке для изготовления гильз цилиндров, поршневых колец, распределительных и коленчатых валов, деталей рулевого управления и гидропривода, опорных катков, роликов и траков гусениц тракторов, ступиц колес, опор рессор грузовых автомобилей, тормозных барабанов и т.д. Большой интерес представляет использование изотермической закалки при производстве мелких тел: шаров, цилиндров и эллипсоидов, работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного износа.

Механизм процесса изотермической закалки достаточно сложен, он сочетает в себе особенности мартенситного и перлитного превращений. В отличие от сталей, в которых микроструктура после проведения изотермической закалки представляет

собой бейнит, состоящий из игольчатых включений феррита и карбидов, в чугунах вследствие высокого содержания кремния карбиды отсутствуют, матрица состоит из игольчатого феррита и высокоуглеродистого аустенита, этим обусловлена высокая пластичность и ударная вязкость этих чугунов.

Оптимальные параметры изотермической закалки выбирают исходя из конкретных требований, предъявляемых к деталям, в зависимости от химического состава и исходной структуры чугуна. Свойства высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, зависят от дисперсности структурных составляющих, соотношения феррита, аустенита и мартенсита. В отливках с толщиной стенки меньше 10 мм получение бейнитной структуры не вызывает трудностей даже при использовании нелегированного высокопрочного чугуна. С увеличением толщины стенки получение необходимой структуры обеспечивают легированием. В качестве легирующих элементов рекомендуется использовать никель, молибден, медь, марганец, бор, иногда ванадий, вольфрам, ниобий и другие элементы.

В зависимости от температуры изотермической выдержки возможно получение чугунов с различным сочетанием физико-механических и эксплуатационных свойств. При температурах изотермической выдержки 200–300 °С образуется структура нижнего бейнита, характеризующаяся высокой твердостью (до 500 НВ) и износостойкостью ( $\sigma_b > 1200$  МПа), относительное удлинение  $\delta$ –1–3%. С увеличением температуры изотермической выдержки до 350 °С относительное удлинение возрастает на ~3–5%, при этом чугун имеет достаточно высокие значения твердости НВ 300–350 и прочности  $\sigma_b$ –1000–1200 МПа. Структура верхнего бейнита (температура изотермической выдержки ~400 °С) обеспечивает получение чугунов прочностью  $\sigma_b$ –900–1000 МПа, твердость 280–320 НВ, относительное удлинение  $\delta$ –6–10%.

Анализ вопросов, связанных со структурообразованием бейнитного чугуна, показывает, что как превышение, так и снижение температуры аустенизации, скорости охлаждения заготовок, температуры и времени изотермической выдержки приводит к заметному изменению физико-механических свойств. В каждом конкретном случае в зависимости от химического состава параметры изотермической обработки необходимо определять экспериментальным путем.

Получение оптимальной структуры чугуна возможно различными способами. Чугун с бейнитной структурой может быть получен как при непрерывном охлаждении на воздухе или в форме, так и в результате закалки в горячих средах. Изотермическая закалка — достаточно энергоемкий процесс, требующий применения специального термического оборудования, однако при использовании этой технологии необходимая структура может быть получена из нелегированного чугуна.

В случае использования технологического процесса с непрерывным охлаждением нужно подбирать состав чугуна и регулировать скорость его охлаждения. При использовании данной технологии необходимо комплексное легирование (3–5% Ni, 0,5–1,5% Mo, <1% Cu), что значительно увеличивает себестоимость литья, однако в этом случае возможно получить самозакаливающиеся структуры при затвердевании отливок непосредственно в литейных формах без необходимости повторного нагрева.

В обзорной информации [1] приведены данные по влиянию основных и легирующих элементов, а также технологических параметров изотермической закалки на физико-механические свойства чугуна.

Одной из основных областей применения высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, является изготовление зубчатых и червячных колес различного назначения.

Высокая эксплуатационная стойкость зубчатых колес из высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, определяется более низким по сравнению со сталью модулем упругости (170 000 и 210 000 МПа соответственно), что обеспечивает при одинаковых нагрузках увеличение контактной поверхности и соответственно снижение поверхностных напряжений; низким коэффициентом трения, хорошей прирабатываемостью, способностью длительное время работать в аварийных условиях при отсутствии смазки; высокой стойкостью к абразивному и ударно-абразивному износу вследствие превращения аустенита в мартенсит в рабочем слое детали при высоких удельных нагрузках; высокой демпфирующей способностью материала благодаря высокой прочности и вязкости матрицы, при этом сферическая форма графита препятствует развитию возникающих магистральных трещин.

Эксплуатационная стойкость колес зависит в основном от двух видов усталости: усталостной прочности при изгибающих нагрузках, возникающих у основания зуба при зацеплении, и контактной усталостной прочности, связанной с образованием на поверхности зуба питтинга, который в процессе работы способствует развитию усталостных трещин и разрушению детали. Экспериментальные исследования показали, что увеличение температуры изотермической закалки приводит к повышению усталостной прочности при изгибе и снижению контактной усталостной прочности приблизительно на 15–20%, что связано с изменением количества остаточного аустенита и появлением включений мартенсита.

Контактная усталостная прочность (КУП) бейнитного чугуна с шаровидной формой графита 32–36 МПа несколько уступает цементированной стали (45–50 МПа), для сравнения низколегированная, закаленная и отпущенная сталь имеет КУП 8 МПа, а азотированная сталь — 29–32 МПа [2]. Увеличение усталостной прочности при изгибе высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, возможно за счет дробеструйной обработки, после проведения которой прочность возрастает от 220–300 до 400–500 МПа. В процессе работы происходит превращение остаточного аустенита в мартенсит, что приводит к повышению твердости рабочей поверхности на глубину до 2 мм. Сравнительные исследования свойств бейнитного высокопрочного чугуна, приведенные в работе [3], показали, что упрочнение за счет наклепа дробью повысило стойкость зуба колес при испытании на натурном стенде в 4 раза.

Анализ литературы показывает, что за последние десятилетия проведено большое количество исследований как по определению оптимального химического состава, количества легирующих элементов и режимов изотермической обработки, так и по сравнительным эксплуатационным испытаниям стойкости зубчатых шестерен.

В работе [4] проведена комплексная работа по разработке технологии получения литых шестерен из бейнитного чугуна с шаровидной формой графита. Состав чугуна: C — 3,3–3,7%; Si — 2,0–2,6; Mn — 0,25–0,6; Cu — 0,45–0,75; Mg — 0,03–0,05%. Изотермическую закалку проводили по следующему режиму: аустенизация при 870–900 °C в течение 1,5–2,0 ч, закалка в соляную ванну при 280–300 °C с выдержкой в течение 2 ч (альтернативный вариант — закалка в горячее масло при 235–240 °C). Механические свойства полученного бейнитного чугуна с шаровидной формой графита:  $\sigma_b=1275-1550$  МПа,  $\delta=2-4\%$ ,  $KC=50-81$  Дж/см<sup>2</sup>,  $\sigma_{-1}=380-400$  МПа, твердость HRC=39–44. Микроструктура — шаровидный графит с размерами включений 20–50 мкм и бейнит,

количество остаточного аустенита 20–30%. Предварительную механическую обработку проводили после ферритизирующего отжига при НВ 180–200. Стендовые испытания по определению запаса статической прочности при кручении показали, что чугунные шестерни превосходят шестерни, полученные штамповкой из сталей 20ХГНМ и 19ХГМ. После проведения ударно-скоростных и форсированных дорожных испытаний состояние зубьев шестерен в контактной зоне было без поверхностных повреждений, увеличение бокового зазора в зацеплении после пробега автомобилей 100–250 тыс. км составило 0,008–0,013 мм на каждые 10 тыс. км. Металлографический и рентгеноструктурный анализы показали, что в процессе эксплуатации происходит частичное превращение аустенита с образованием мартенсита, в структуре рабочего слоя чугуна микротвердость возросла от 460–465 до 550–729 Н, количество остаточного аустенита уменьшилось с 20–25 до 10–15%.

Аналогичные эксперименты по исследованию возможности применения бейнитного чугуна с шаровидной формой графита вместо углеродистых и низколегированных сталей для шестерен трансмиссии главной передачи, деталей кардана проведены ПО ЗИЛ совместно с НАМИ. Химический состав чугуна: С – 3,5–3,7%; Si – 2,3–2,5; Mn – 0,15–0,25; Mg – 0,03–0,04%. Параметры изотермической закалки: аустенизация при 900 °С в течение 1 ч, изотермическая закалка в соляной ванне при 300 °С в течение 2 ч. Содержание остаточного аустенита в структуре после закалки 21–23%. Механические свойства  $\sigma_b=1424$ –1550 МПа,  $\delta=4$ –8%,  $KC=81,1$ –99,1 Дж/см<sup>2</sup>, твердость HRC=39–42.

Сравнительные стендовые и дорожные испытания шестерен, изготовленных из бейнитного чугуна и серийной стали 12ХН3, показали, что, несмотря на то что твердость опытных шестерен из чугуна была значительно ниже серийных, 30–32 и 58–62 HRC соответственно, состояние шестерен после ресурсного пробега хорошее, поломки и следы питтинга не обнаружено [1].

В работе [5] приведены сравнительные испытания на износостойкость зубчатых зацеплений, проведенные на машине МИФ, позволяющей моделировать работу зубчатых пар. Испытания проводили со смазкой при следующих условиях: погонная нагрузка на зуб – 200 кг/см, скорость вращения шестерен – 1000 об/мин, крутящий момент – 11250 кг·см, длительность испытаний – 100 ч. Химический состав чугуна: С – 3,41%; Si – 2,25; Mn – 0,4; Ni – 1,28; Cu – 0,85; Mo – 0,4%. Шестерни из чугуна, подвергнутого изотермической закалке, имеют в 6–7 раз большую износостойкость по сравнению с колесами из перлитного чугуна. Повышенной износостойкостью обладают пары с остаточным содержа-

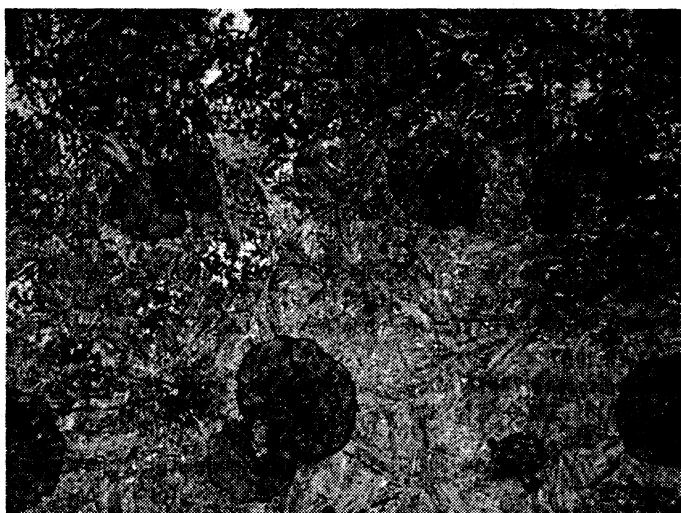
нием аустенита в чугуне 25–32% и твердостью НВ 340–388.

На кафедре "Машины и технология литейного производства" проведены предварительные эксперименты по изготовлению шестерни бортового редуктора комбайна КСК-100 из высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке. Химический состав чугуна: С – 3,75%; Si – 2,25; Mn – 0,15; Ni – 0,1; Cr – 0,1; Cu – 0,2; P – 0,04; S – 0,03%. Плавку чугуна проводили в индукционной печи с кислой футеровкой емкостью 40 кг. В качестве сфероидизирующего модификатора использовали ФСМg-3, графитизирующий модификатор ФСБа4. Изотермическую закалку проводили по следующему режиму: аустенизация при 920 °С в течение 1 ч, изотермическая закалка в расплавленный свинец при температуре 300 °С в течение 1 ч. Содержание остаточного аустенита в структуре после закалки определяли на дифрактометре ДРОН-3, его количество составило 24–26%. Твердость чугуна 40–42 HRC. На рисунке показана микроструктура полученного чугуна.

Представленные экспериментальные исследования и результаты эксплуатационных испытаний шестерен, изготовленных из высокопрочного чугуна с бейнитной структурой, свидетельствуют о высоких механических и эксплуатационных свойствах этого конструкционного материала.

Зарубежный опыт показывает, что благодаря тщательно контролируемой на всех этапах технологии, максимальному приближению формы литой заготовки к форме готовой детали, снижению затрат на механическую обработку возможно повышение коэффициента использования металла до 60–70% и снижение себестоимости изготовления зубчатых колес по сравнению со стальными более чем на 30%.

Несмотря на очевидные преимущества в Республике Беларусь освоение производства высокопрочного чугуна с бейнитной структурой для



Микроструктура высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке. x1000

Анализ вопросов, связанных со структурообразованием бейнитного чугуна, показывает, что как повышение, так и снижение температуры аустенизации, скорости охлаждения заготовок, температуры и времени изотермической выдержки приводит к заметному изменению физико-механических свойств. В каждом конкретном случае в зависимости от химического состава параметры изотермической обработки необходимо определять экспериментальным путем.

Получение оптимальной структуры чугуна возможно различными способами. Чугун с бейнитной структурой может быть получен как при непрерывном охлаждении на воздухе или в форме, так и в результате закалки в горячих средах. Изотермическая закалка — достаточно энергоёмкий процесс, требующий применения специального термического оборудования, однако при использовании этой технологии необходимая структура может быть получена из нелегированного чугуна.

В случае использования технологического процесса с непрерывным охлаждением нужно подбирать состав чугуна и регулировать скорость его охлаждения. При использовании данной технологии необходимо комплексное легирование (3–5% Ni, 0,5–1,5% Mo, <1% Cu), что значительно увеличивает себестоимость литья, однако в этом случае возможно получить самозакаливающиеся структуры при затвердевании отливок непосредственно в литейных формах без необходимости повторного нагрева.

В обзорной информации [1] приведены данные по влиянию основных и легирующих элементов, а также технологических параметров изотермической закалки на физико-механические свойства чугуна.

Одной из основных областей применения высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, является изготовление зубчатых и червячных колес различного назначения.

Высокая эксплуатационная стойкость зубчатых колес из высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, определяется более низким по сравнению со сталью модулем упругости (170 000 и 210 000 МПа соответственно), что обеспечивает при одинаковых нагрузках увеличение контактной поверхности и соответственно снижение поверхностных напряжений; низким коэффициентом трения, хорошей прирабатываемостью, способностью длительное время работать в аварийных условиях при отсутствии смазки; высокой стойкостью к абразивному и ударно-абразивному износу вследствие превращения аустенита в мартенсит в рабочем слое детали при высоких удельных нагрузках; высокой демпфирующей способностью материала благодаря высокой прочности и вязкости матрицы, при этом сферическая форма графита препятствует развитию возникающих магистральных трещин.

Эксплуатационная стойкость колес зависит в основном от двух видов усталости: усталостной прочности при изгибающих нагрузках, возникающих у основания зуба при зацеплении, и контактной усталостной прочности, связанной с образованием на поверхности зуба питтинга, который в процессе работы способствует развитию усталостных трещин и разрушению детали. Экспериментальные исследования показали, что увеличение температуры изотермической закалки приводит к повышению усталостной прочности при изгибе и снижению контактной усталостной прочности приблизительно на 15–20%, что связано с изменением количества остаточного аустенита и появлением включений мартенсита.

Контактная усталостная прочность (КУП) бейнитного чугуна с шаровидной формой графита 32–36 МПа несколько уступает цементированной стали (45–50 МПа), для сравнения низколегированная, закаленная и отпущенная сталь имеет КУП 8 МПа, а азотированная сталь — 29–32 МПа [2]. Увеличение усталостной прочности при изгибе высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, возможно за счет дробеструйной обработки, после проведения которой прочность возрастает от 220–300 до 400–500 МПа. В процессе работы происходит превращение остаточного аустенита в мартенсит, что приводит к повышению твердости рабочей поверхности на глубину до 2 мм. Сравнительные исследования свойств бейнитного высокопрочного чугуна, приведенные в работе [3], показали, что упрочнение за счет наклепа дробью повысило стойкость зуба колес при испытании на натурном стенде в 4 раза.

Анализ литературы показывает, что за последние десятилетия проведено большое количество исследований как по определению оптимального химического состава, количества легирующих элементов и режимов изотермической обработки, так и по сравнительным эксплуатационным испытаниям стойкости зубчатых шестерен.

В работе [4] проведена комплексная работа по разработке технологии получения литых шестерен из бейнитного чугуна с шаровидной формой графита. Состав чугуна: С — 3,3–3,7%; Si — 2,0–2,6; Mn — 0,25–0,6; Cu — 0,45–0,75; Mg — 0,03–0,05%. Изотермическую закалку проводили по следующему режиму: аустенизация при 870–900 °С в течение 1,5–2,0 ч, закалка в соляную ванну при 280–300 °С с выдержкой в течение 2 ч (альтернативный вариант — закалка в горячее масло при 235–240 °С). Механические свойства полученного бейнитного чугуна с шаровидной формой графита:  $\sigma_b=1275-1550$  МПа,  $\delta=2-4\%$ ,  $KC=50-81$  Дж/см<sup>2</sup>,  $\sigma_{-1}=380-400$  МПа, твердость HRC=39–44. Микроструктура — шаровидный графит с размерами включений 20–50 мкм и бейнит,

количество остаточного аустенита 20–30%. Предварительную механическую обработку проводили после ферритизирующего отжига при НВ 180–200. Стендовые испытания по определению запаса статической прочности при кручении показали, что чугунные шестерни превосходят шестерни, полученные штамповкой из сталей 20ХГНМ и 19ХГМ. После проведения ударно-скоростных и форсированных дорожных испытаний состояние зубьев шестерен в контактной зоне было без поверхностных повреждений, увеличение бокового зазора в зацеплении после пробега автомобилей 100–250 тыс. км составило 0,008–0,013 мм на каждые 10 тыс. км. Металлографический и рентгеноструктурный анализы показали, что в процессе эксплуатации происходит частичное превращение аустенита с образованием мартенсита, в структуре рабочего слоя чугуна микротвердость возросла от 460–465 до 550–729 Н, количество остаточного аустенита уменьшилось с 20–25 до 10–15%.

Аналогичные эксперименты по исследованию возможности применения бейнитного чугуна с шаровидной формой графита вместо углеродистых и низколегированных сталей для шестерен трансмиссии главной передачи, деталей кардана проведены ПО ЗИЛ совместно с НАМИ. Химический состав чугуна: С – 3,5–3,7%; Si – 2,3–2,5; Mn – 0,15–0,25; Mg – 0,03–0,04%. Параметры изотермической закалки: аустенизация при 900 °С в течение 1 ч, изотермическая закалка в соляной ванне при 300 °С в течение 2 ч. Содержание остаточного аустенита в структуре после закалки 21–23%. Механические свойства  $\sigma_b=1424$ –1550 МПа,  $\delta=4$ –8%,  $KC=81,1$ –99,1 Дж/см<sup>2</sup>, твердость HRC=39–42.

Сравнительные стендовые и дорожные испытания шестерен, изготовленных из бейнитного чугуна и серийной стали 12ХН3, показали, что, несмотря на то что твердость опытных шестерен из чугуна была значительно ниже серийных, 30–32 и 58–62 HRC соответственно, состояние шестерен после ресурсного пробега хорошее, поломок и следов питтинга не обнаружено [1].

В работе [5] приведены сравнительные испытания на износостойкость зубчатых зацеплений, проведенные на машине МИФ, позволяющей моделировать работу зубчатых пар. Испытания проводили со смазкой при следующих условиях: погонная нагрузка на зуб – 200 кг/см, скорость вращения шестерен – 1000 об/мин, крутящий момент – 11250 кг·см, длительность испытаний – 100 ч. Химический состав чугуна: С – 3,41%; Si – 2,25; Mn – 0,4; Ni – 1,28; Cu – 0,85; Mo – 0,4%. Шестерни из чугуна, подвергнутого изотермической закалке, имеют в 6–7 раз большую износостойкость по сравнению с колесами из перлитного чугуна. Повышенной износостойкостью обладают пары с остаточным содержа-

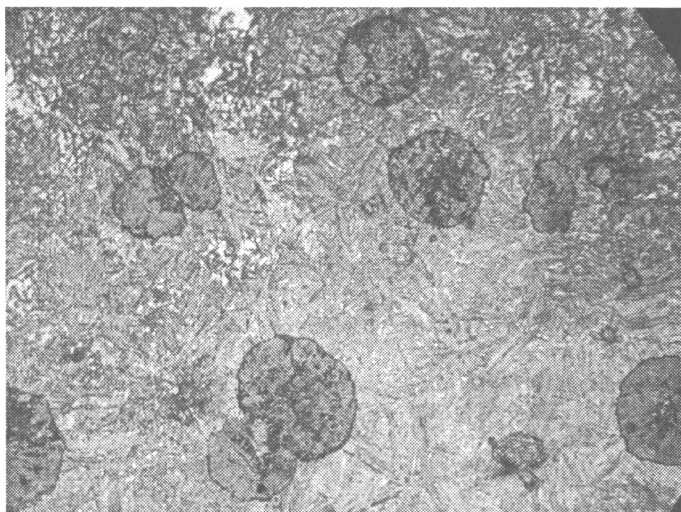
нием аустенита в чугуне 25–32% и твердостью НВ 340–388.

На кафедре "Машины и технология литейного производства" проведены предварительные эксперименты по изготовлению шестерни бортового редуктора комбайна КСК-100 из высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке. Химический состав чугуна: С – 3,75%; Si – 2,25; Mn – 0,15; Ni – 0,1; Cr – 0,1; Cu – 0,2; P – 0,04; S – 0,03%. Плавку чугуна проводили в индукционной печи с кислой футеровкой емкостью 40 кг. В качестве сфероидизирующего модификатора использовали ФСМg-3, графитизирующий модификатор ФСБа4. Изотермическую закалку проводили по следующему режиму: аустенизация при 920 °С в течение 1 ч, изотермическая закалка в расплавленный свинец при температуре 300 °С в течение 1 ч. Содержание остаточного аустенита в структуре после закалки определяли на дифрактометре ДРОН-3, его количество составило 24–26%. Твердость чугуна 40–42 HRC. На рисунке показана микроструктура полученного чугуна.

Представленные экспериментальные исследования и результаты эксплуатационных испытаний шестерен, изготовленных из высокопрочного чугуна с бейнитной структурой, свидетельствуют о высоких механических и эксплуатационных свойствах этого конструкционного материала.

Зарубежный опыт показывает, что благодаря тщательно контролируемой на всех этапах технологии, максимальному приближению формы литой заготовки к форме готовой детали, снижению затрат на механическую обработку возможно повышение коэффициента использования металла до 60–70% и снижение себестоимости изготовления зубчатых колес по сравнению со стальными более чем на 30%.

Несмотря на очевидные преимущества в Республике Беларусь освоение производства высокопрочного чугуна с бейнитной структурой для



Микроструктура высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, x1000

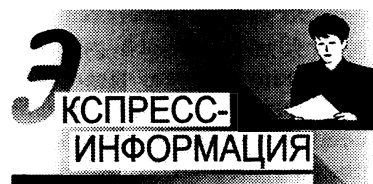
изготовления зубчатых колес и других деталей не вышло из стадии лабораторных исследований, по-прежнему их изготавливают из стали с большим запасом конструкционной прочности.

Основной проблемой, которая сдерживает широкое промышленное использование этого перспективного материала, является недостаток практического опыта, необходимость высокой культуры производства, соблюдения технологических и металлургических параметров литья в очень узких пределах.

Для того чтобы иметь четкое представление по вопросу выбора оптимального химического состава чугуна, технологических параметров литья, необходимо тесное сотрудничество между литейщиками, конструкторами, специалистами в области термической и механической обработки.

## Литература

1. Неделько Л.А., Шестаков А.В., Шмидт В.И. Применение бейнитного чугуна для автомобильных отливок: Обзорная информация / ЦНИИТЭИавтосельхозмаша. Тольятти, 1990.
2. Austempering Ductile Irons – their Significance and Present Applications // Foundry Trade Journal. 1985. October 10. P. 277–278, 280, 282, 284, 286.
3. Yicheng F. Hypoid pinion and ring gears of bainitic nodular iron with shell moulded cast teeth. "46<sup>th</sup> Congr. Intern. Defonderic", 1979. P. 5-15.
4. Клецкин Я.Г., Левитан М.М. Бейнитный чугун с шаровидным графитом // Литейное производство. 1987. №10. С. 9–13.
5. Беляков А.И., Александров Н.Н., Бех Н.И. и др. Влияние состава и термообработки на свойства аустенитно-бейнитных чугунов // Литейное производство. 1994. №4. С. 2–5.



## Выставки, съезды, конференции, семинары

**27-29.03.2007**

"Литье-2007". III Международная научно-практическая выставка-конференция, г. Запорожье (Украина), Запорожская торгово-промышленная палата (г. Запорожье, бул. Центральный, 4). Оргкомитет: +38 (061) 213-50-27. 212-51-16; E-mail: info2@cci.zp.ua; руководитель проекта Семченко Алла Владимировна.

**23-27.04.2007**

VIII съезд литейщиков России и выставка "Литье-2007". Организаторы: Российская ассоциация литейщиков, Правительство г. Ростов-на-Дону, Департамент промышленности Минпромэнерго России, ОАО "Ростовский литейный завод". Место проведения: выставочный центр "Вертол Экспо", адрес: 344068, г. Ростов-на-Дону, ул. Нагибина, 30. Подробная информация: <http://www.ruscastings.ru/work/news/3107>.

**28-31.05.2007**

"Металлургия. Литмаш'2007". Международная выставка машин, оборудования, технологий и продукции металлургической промышленности, г. Москва (Россия), Экспоцентр на Красной Пресне. ЗАО "Металл-Экспо", т.: +7 (495) 247-91-29, 901-99-66; ф.: +7 (495) 287-82-73; E-mail: info@metal-expo.ru; <http://www.metal-expo.ru>.

**28-31.05.2007**

"Алюминий / Цветмет. 2007". Международная выставка по алюминию, цветным металлам, материалам, технологиям и продукции, г. Москва (Россия), Экспоцентр на Красной Пресне. ЗАО "Металл-Экспо", т.: +7 (495) 247-91-29, 901-99-66; ф.: +7 (495) 287-82-73; E-mail: info@metal-expo.ru; <http://www.metal-expo.ru>.

**12-16.06.2007**

GIFA. International Foundry Trade Fair with WFO Technical Forum. Международная ярмарка и технический форум по литейной промышленности. Дюссельдорф (Германия). Тематика: Электротехника, электроника | Приборы, сенсоры, датчики | Обработка поверхности материалов | Металлургия | Металлообработка, сварка, резка.

**29.05-1.06.2007**

"Машиностроение. Металлургия'2007". XV Международная специализированная выставка, г. Запорожье (Украина). Запорожская торгово-промышленная палата, т.: +38 (061) 213-50-26, 213-51-67; E-mail: expo@cci.zp.ua; <http://www.cci.zp.ua>.

**7-8.06.2007**

"Новое в развитии металлургических технологий для машиностроительных и металлургических производств". Конференция, г. Москва (Россия), ЦНИИТМАШ. Контактное лицо - Рымкевич Анатолий Иванович, т.: +7 (495) 675-85-33; т. (м.): 8 (903) 168-47-81; E-mail: gimai@cniitmash.ru.

**9-12.10.2007**

"Укриндустрия-2007". Международный промышленный форум, г. Днепропетровск (Украина), Экспоцентр "Метеор", т./ф.: +38 (056) 373-93-71, 373-93-70; +38 (0562) 357-357; E-mail: mashprom@expometeor.com; <http://www.expometeor.com>. В рамках форума:

- "Машпром-2007" (7-я Международная выставка машиностроения, металлообработки и промышленного оборудования).
- "РемМашИндустрия" (3-я специализированная экспозиция).
- "Металлургия. Литье-2007" (2-я специализированная выставка).