

УДК.669.15

Канд. техн. наук В. В. Нетребко*Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье*

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА И ХРОМА НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ РЕЗАНИЕМ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ НИКЕЛЕМ И МАРГАНЦЕМ

Показано, что наличие заэвтектических карбидов значительно ухудшает обработку резанием износостойких хромистых чугунов, легированных Ni и Mn, поэтому содержание углерода и хрома в чугунах должно обеспечивать образование карбидной эвтектики. Для большинства износостойких хромистых чугунов, легированных Ni и Mn, содержание углерода до 2,8 % и хрома до 24 % обеспечивает удовлетворительную обрабатываемость.

Ключевые слова: чугун, углерод, хром, обрабатываемость резанием.

Введение

Высокохромистые износостойкие чугуны (ИЧХ) являются многокомпонентными сплавами с разнообразными структурами и широким диапазоном физических и химических свойств. Они применяются для изготовления деталей машин, работающих в условиях интенсивного абразивного и гидроабразивного изнашивания. Вследствие высокой твердости и, соответственно, износостойкости эти материалы характеризуются неудовлетворительной обрабатываемостью. Это делает невозможным получение из этих сплавов фасонных деталей, требующих механической обработки [1].

При механической обработке материал детали подвергается силовому воздействию резца, а также тепловому воздействию за счет трения между резцом и деталью. При силовом воздействии в обрабатываемом материале возникают внутренние напряжения, протекает пластическая деформация, упрочнение (наклеп). Повышение температуры в зоне резания может вызывать структурные изменения в обрабатываемом материале.

Обрабатываемость резанием является комплексным показателем, зависящим от исходной структуры и свойств материала детали, состояния литой поверхности, наличия литейных дефектов (раковин), материала резца, режимов резания, процессов, вызывающих изменение структуры во время обработки и других факторов. Улучшение обрабатываемости высокохромистых чугунов достигалось за счет смягчающей термической обработки [2–7]. Для восстановления износостойких свойств этих материалов производилась дополнительная термическая обработка. Такая технология является дорогостоящей и энергозатратной.

Оценка обрабатываемости ИЧХ [2–8] производилась путем сверления или методом торцевого точения. В результате этих исследований были раз-

работаны рекомендации по выбору режимов точения для конкретных марок чугунов и деталей.

Влияние углерода и хрома на обрабатываемость износостойких чугунов, не содержащих никель, после смягчающей термической обработки исследовалось М. Е. Гарбером [2, 5]. Установлено, что для чугунов с 12 % Cr и 1,5 % Mo ухудшение обрабатываемости наступает при содержании углерода свыше 3,2 % после появления в структуре заэвтектических карбидов и сетки цементита. Для чугунов, содержащих 3 % C, 1,5 % Mo и 0,8 % Mn, ухудшение обрабатываемости наблюдалось при содержании хрома свыше 30 %, что связано с повышением твердости основы в результате легирования ее хромом, а также с появлением в структуре чугунов крупных заэвтектических карбидов.

По данным [2, 5] обрабатываемость комплексно-легированных чугунов, содержащих до 3 % Ni (ИЧ290Х28Н2) и 3 % Mn (ИЧ260Х17Н3ГЗ), нельзя улучшить смягчающей термической обработкой, что объясняется избыточным легированием этих чугунов, стабильностью аустенита и невозможностью получения продуктов перлитного распада.

Систематизированные данные об обрабатываемости резанием ИЧХ в литом состоянии лезвийным инструментом при продольном точении практически отсутствуют.

Влияние хрома на физические и технологические свойства сплавов обуславливается его способностью: ограничивать γ - область железа; образовывать ряд непрерывных твердых растворов замещения с α - железом; снижать растворимость углерода в основе и образовывать специальные карбиды; повышать прокаливаемость при содержании его до 7 % и обеспечивать коррозионную стойкость, при его содержании более 13 %.

Влияние углерода на обрабатываемость высокохромистых чугунов обусловлено количеством карбидной фазы, ее типом, распределением и формой карбидов. В зависимости от соотношения углерода и хрома в чугунах образуются карбиды Me_3C , Me_7C и $Me_{23}C_6$.

Цель работы заключалась в изучении влияния углерода и хрома на обрабатываемость комплексно-легированных ИЧХ в литом (не термообработанном) состоянии лезвийным инструментом при продольном точении путем построения зависимостей износа резца от содержания углерода и хрома.

Материал и методики исследований

Влияние углерода на обрабатываемость чугуна определяли при 20,2 % Cr, 1,14 % Mn; 1,53 % Ni и 1,26% Si. Влияние хрома на обрабатываемость определяли при 2,78 % C, 1,82 % Mn; 1,09 % Ni и 1,13 % Si. Чугун выплавляли в индукционной печи с основной футеровкой. В сухие формы отливали цилиндрические образцы диаметром 30 мм и длиной 400 мм. Литые образцы предварительно обтачивались до диаметра 25 мм. Для точения использовали резцы с пластинами 10 × 10 мм из сплава ВК8 по ГОСТ 19051–80. Режимы резания: глубина резания – 0,8 мм; продольная подача – 0,15 мм/об, частота вращения шпинделя при точении 200...630 об/мин. СОЖ не применяли. Оценка обрабатываемости чугунов производилась путем определения линейного износа задней поверхности резца на единицу длины пути резания. Анализ структуры выполняли на оптическом микроскопе Sigeta MM-700 и РЕМ 106И.

Анализ полученных результатов

Увеличение содержания углерода в ИЧХ от 1,09 % до 3,74 % вызывало увеличение количества карбидов от 9 % до 35% соответственно.

При содержании углерода до 1,6 % в структуре чугунов преобладают карбиды $(Cr,Fe,Mn)_{23}C_6$, не образующие сплошного каркаса (рис. 1, а). Карбиды $(Cr,Fe,Mn)_7C$ находятся в виде небольших мелкодисперсных эвтектических колоний.

При дальнейшем увеличении углерода в чугуне до 2,36 % увеличивается количество эвтектических карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C$, при этом карбидная фаза состоит из карбидов $(Cr,Fe,Mn)_{23}C_6$ и $(Cr,Fe,Mn)_7C$ (рис. 1, б). При содержании углерода в интервале 2,43 % карбидная фаза представлена только эвтектическими карбидами $(Cr,Fe,Mn)_7C$ (рис. 1, в). При содержании углерода свыше 3 % в чугунах наблюдалось образование заэвтектических карбидов (рис. 1, г).

Изменение количества и типа карбидов оказало влияние на обрабатываемость чугуна. Хорошую обрабатываемость имели чугуны, содержа-

щие до 2,36 % углерода, структура которых состояла из мелкодисперсных карбидов $(Cr,Fe,Mn)_{23}C_6$ и эвтектических колоний карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C$ (рис. 2).

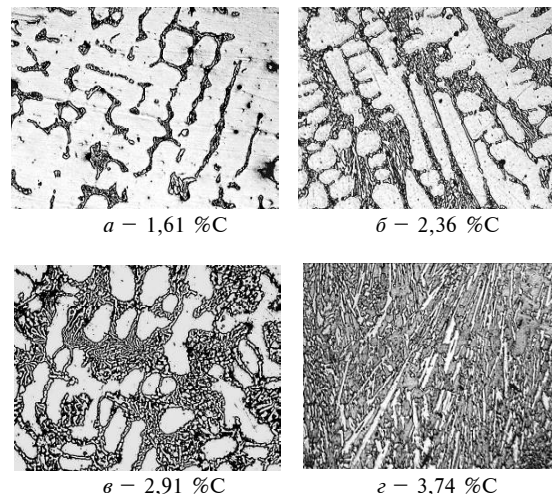


Рис. 1. Типы карбидов в чугунах с различным содержанием углерода, × 200: а – карбиды $(Cr,Fe,Mn)_{23}C_6$; б – карбиды $(Cr,Fe,Mn)_{23}C_6$ и $(Cr,Fe,Mn)_7C$; в – эвтектические карбиды $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$; г – эвтектические и заэвтектические карбиды $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$

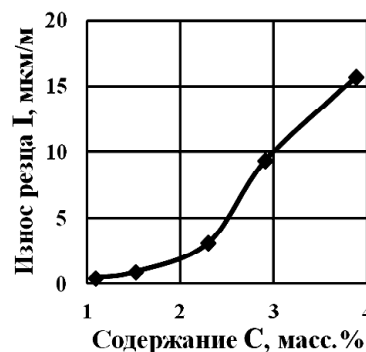


Рис. 2. Влияние углерода на интенсивность изнашивания резца

Увеличение содержания углерода в чугуне вызывало преобладание в структуре карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$, обладающих высокой твердостью. По мере увеличения доли карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$ увеличивалась интенсивность изнашивания резца при одинаковых скоростях резания.

Анализ зависимостей интенсивности изнашивания резца с различным содержанием углерода (рис. 2) показал, что хорошей обрабатываемостью обладают чугуны, содержащие до 2,3 % C, удовлетворительной обрабатываемостью обладают чугуны, содержащие до 3,0 % C при 20,2 % Cr.

Влияние хрома на обрабатываемость чугуна проявляется в его воздействии на карбидную фазу и металлическую основу, а также в смещении точки образования эвтектики в сторону меньших содержаний углерода.

Увеличение содержания хрома с 11,24 % до 29,86 % вызвало увеличение количества карбидов с 25 % до 35 % соответственно.

В чугунах, содержащих до 12 % хрома, карбидная фаза представлена в основном легированным цементитом, образующим сплошной каркас (сетку) (рис. 3, а). Содержание хрома в металлической основе составляло около 5 %.

При увеличении содержания хрома в чугуне до 23,4 % карбиды $(Cr,Fe,Mn)_3C$ постепенно замещались колониями эвтектических карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$ (рис. 3 б, в). Образование в структуре чугуна карбидной эвтектики разрушало сетку цементита. Содержание хрома в основе повысилось до 13 %.

При содержании 23,4 % Cr структура чугуна состояла из эвтектических карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$. Дальнейшее увеличение содержания хрома в чугуне вызвало образование крупных заэвтектических карбидов (рис. 3, г), содержание хрома в основе достигало 18 %.

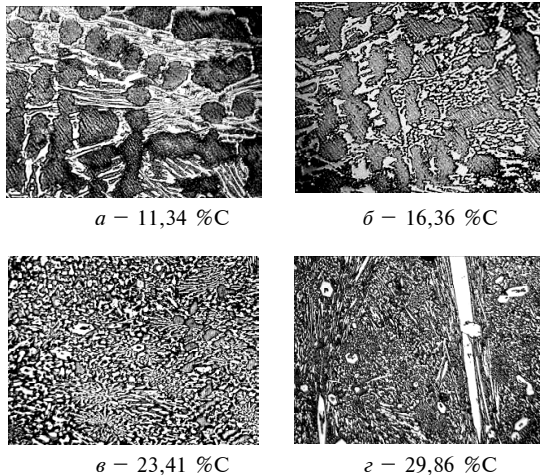


Рис. 3. Типы карбидов в чугунах с различным содержанием хрома, $\times 200$: а – карбиды $(Cr,Fe,Mn)_3C$; б – эвтектические колонии карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$ и ледебурит; в – эвтектические карбиды $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$; г – эвтектические колонии карбидов и заэвтектические карбиды $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$

Структурные изменения, а также легирование металлической основы хромом при увеличении его содержания в чугуне оказали влияние на интенсивность изнашивания резца (рис. 4).

Снижение интенсивности изнашивания резца при увеличении содержания хрома до 16 % объясняется образованием карбидной эвтектики, разрушающей сетку цементита. При дальнейшем увеличении содержания хрома обрабатываемость чугуна ухудшалась за счет увеличения количества карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$, обладающих более высокой твердостью, чем цементит, а также твердорастворным упрочнением при повышении концентрации хрома в основе. Появление в структу-

ре чугуна заэвтектических карбидов $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$ при содержании хрома в чугуне более 24 % вызвало увеличение интенсивности изнашивания резца.

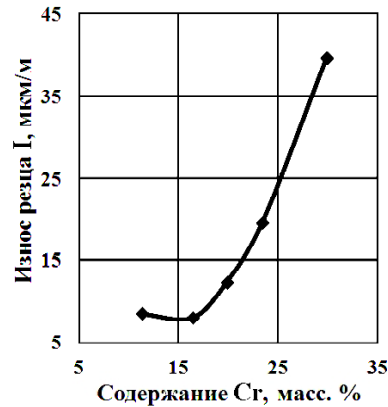


Рис. 4. Влияние хрома в чугуне на интенсивность изнашивания резца

Анализ зависимостей интенсивности изнашивания резца при различных содержаниях хрома (рис. 4) показал, что чугуны, содержащие до 24 % Cr при 2,8 % C обладают удовлетворительной обрабатываемостью.

Выводы

1. Содержание углерода и хрома в чугунах, для удовлетворительной обрабатываемости резанием, должно обеспечивать образование карбидной эвтектики, при этом содержание углерода не должно превышать 3,0 %, при содержании хрома 20 %.

2. При увеличении содержания хрома в чугуне до 24 % содержание углерода необходимо уменьшать до 2,8 %, для сохранения удовлетворительной обрабатываемости.

Список литературы

1. Гаврилюк В. П. Свойства высокохромистых сплавов / В. П. Гаврилюк, Е. А. Марковский, Л. И. Бутенко // Литейное производство. – 1998. – № 7. – С. 20–22.
2. Гарбер М. Е. Отливки из белых износостойких чугунов / Гарбер М. Е. – М. : Машиностроение. – 1972. – 112 с.
3. Чабак Ю. Г. Новые подходы к выбору режима смягчающей термической обработки высокохромистых чугунов / Ю. Г. Чабак, В. Г. Ефременко, А. С. Кравцов // Тезисы 73-й международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта». – Днепропетровск : ДИИЖТ. – 2013. – С. 282–283.
4. Герек А. Легированный чугун – конструкционный материал / Герек А., Байка Л. – М. : Металлургия. – 1978. – 208 с.

5. Гарбер М. Е. Износостойкие белые чугуны : свойства, структура, технология, эксплуатация / Гарбер М. Е. – М. : Машиностроение, 2010. – 280 с.
6. Влияние термической обработки на свойства высокохромистого чугуна / [М. Н. Беркун, И. П. Волчок, И. В. Живица, В. И. Топал] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1971. – № 1. – С. 64–66.
7. Чабак Ю. Г. Влияние режима отжига на микроструктуру и твердость высокохромистых чугунов с повышенным содержанием аустенитообразующих элементов / Ю. Г. Чабак // Строительство, материаловедение, машиностроение : Сб. научн. тр. – Днепропетровск : ПГА-СиА. – 2013. – Вып. 65. – С. 188–192.
8. Футорян С. Б. Обработка износостойких материалов песковых и грунтовых насосов : Сб. Новое в технологии машиностроения / Труды ВНИИНМАШ. – М. : Машгиз. Вып. 1. – 1965. – С. 177–195.

Поступила в редакцию 11.12.2014

Нетребко В.В. Вплив вуглецю та хрому на обробку різанням зносостійких чавунів, легованих нікелем та марганцем

Показано, що присутність заевтектичних карбідів значно погіршує обробку різанням зносостійких хромистих чавунів, легованих Ni та Mn, тому вміст вуглецю та хрому в чавуні повинен забезпечувати утворення карбідної евтектики. Для більшості зносостійких хромистих чавунів, легованих Ni та Mn, вміст вуглецю до 2,8 % и хрому до 24 % забезпечує задовільну механічну обробку різанням.

Ключові слова: чавун, вуглець, хром, обробка різанням.

Netrebko V. The influence of carbon and chromium on the machinability of wear resistant cast irons alloyed with nickel and manganese

It is shown that the presence of hypereutectic carbides significantly worsens the machinability of wear resistant chromium cast irons alloyed with Ni and Mn, that's why carbon and chromium content in the cast iron has to provide carbide eutectic formation. For most wear resistant chromium cast irons alloyed with Ni and Mn the content of carbon up to 2.8 % and chromium up to 24 % provides satisfactory mechanical machinability.

Key words: cast iron, carbon, chromium, machinability.