

УДК.669.15

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

В. В. Нетребко, к.т.н., доц.

Запорожский национальный технический университет

Постановка проблемы и анализ литературных данных. Белые высокохромистые чугуны являются многокомпонентными сплавами с разнообразными структурами и широким диапазоном физических, механических и химических свойств. Они применяются для изготовления деталей машин, работающих в условиях абразивного и гидроабразивного изнашивания. Многие детали требуют высокой точности изготовления, что достигается обработкой резанием. Обладая высокой твердостью и износостойкостью, эти материалы трудно обрабатываются. Все структурные составляющие, которые повышают износостойкость, снижают обрабатываемость. Структура высокохромистых чугунов состоит из упрочняющей фазы (карбидов) и металлической основы, удерживающей карбиды.

На обрабатываемость чугуна оказывают влияние: количество карбидов, их тип, размер, форма и химический состав, твердость металлической основы, физические и тепловые процессы при резании [1,2]. Обрабатываемость чугуна ухудшается при образовании сетки цементита, его укрупнении или скоплении, упрочнении металлической основы (феррита) [2]. Наличие заэвтектических карбидов резко снижает обрабатываемость чугунов [1,2].

Влияние легирующих элементов на обрабатываемость чугуна проявляется в их влиянии на карбиды и металлическую основу. По данным [1, 3-7] углерод является регулятором количества карбидов и совместно с хромом и марганцем образует карбиды $(Cr,Fe,Mn)_3C$, $(Cr,Fe,Mn)_7C_3$ и $(Cr,Fe,Mn)_{23}C_6$ различной твердости. Кроме этого, хром легирует металлическую основу и способствует получению легированного феррита. Никель и марганец способствуют получению различных видов металлической основы от мартенситной до аустенитной. Мартенситная структура, обладая высокой твердостью, ухудшает обрабатываемость.

При обработке резанием в обрабатываемом материале протекают два процесса: упрочнение (в результате пластической деформации) и разупрочнение (при нагреве). При пластической деформации, ферритная структура наклепывается, а аустенитная превращается в мартенсит деформации. В процессе нагрева твердость чугуна снижается.

Литературные данные по механической обработке резанием высокохромистых чугунов не позволяют объективно оценить влияние химического состава и структуры на обрабатываемость этих сплавов.

Цель работы заключалась в определении влияния углерода на обрабатываемость высокохромистых чугунов.

Материал и методики исследований. Влияние углерода на обрабатываемость чугунов состава, масс. %: углерод 1,09...3,68; хром 17,3...17,8; никель 1,02...1,5; марганец 1,37...1,8; кремний 1,0...1,2; сера 0,001...0,02; фосфор

0,03...0,06 определяли по методу А. С. Кондратова [2]. Обрабатываемость чугуна оценивали по величине линейного износа задней поверхности резца. Режим резания: $t = 0,8\text{ мм}$; $s = 0,15\text{ мм/об}$. $n = 400\text{ об/мин}$. Чугун выплавлялся в индукционной печи с основной футеровкой. Температура металла при заливке в сухие песчаные формы составляла $1390...1420^\circ\text{C}$. Для выявления структурных составляющих применяли травитель Марбле. После травления α -фаза имела черный фон, а γ -фаза светлый. Анализ структуры выполнялся на оптических микроскопах МИМ-8 и Sigeta MM-700, микротвердость структурных составляющих измеряли на приборе ПМТ-3 и Duramin-1, макротвердость сплава – на твердомере Роквелла. Содержание углерода в эвтектике (C_с) определяли по формуле Н.Г. Гиршовича [8]:

$C_c \text{ (в \%)} = 4,3 - 0,3 (Si + P) - 0,4S + 0,03Mn - 0,07Ni - 0,05Cr$. Степень эвтектичности чугуна ($S_э$) определили как отношение C/C_c .

Изложение основного материала. Степень эвтектичности исследуемых чугунов изменялась от 0,36 до 1,27 (табл.1). В структуре чугунов со степенью эвтектичности 0,99...1,27 наблюдалось образование заэвтектических карбидов (рис. 1). Количество карбидов изменялось от 8,3 до 41,6%, при этом макротвердость чугуна и микротвердость карбидов увеличивалась при увеличении общего содержания углерода в чугуне (табл. 1). В структуре чугунов, содержащих до 1,52% углерода наблюдались карбиды $(Cr,Fe,Mn)_3C_2$ и $(Cr,Fe,Mn)_{23}C_6$. При содержании углерода свыше 1,52% преобладали карбиды $(Cr,Fe,Mn)_3C_2$. В чугунах, содержащих свыше 2,98% углерода, присутствовали карбиды $(Cr,Fe,Mn)_3C$. Изменение типа карбидов проявилось в изменении их микротвердости и макротвердости чугуна. Карбиды $(Cr,Fe,Mn)_3C_2$ обладали максимальной микротвердостью.

При увеличении содержания углерода в чугуне микротвердость металлической основы, легированной Cr, Mn, Ni и Si, изменялась незначительно и находилась в пределах 415...449 HV₅₀. Максимальную микротвердость металлической основы имел чугун, содержащий 3,88% углерода.

Таблица 1

Степень эвтектичности и свойства исследуемых чугунов

№ п/п	C	$S_э = C/C_c$	Количество карбидов, %	HRC	HV ₅₀ осн.	HV ₅₀ кар.
1	1,09	0,36	8,3	33,5	423	794
2	1,52	0,49	13,6	38,0	415	832
3	2,30	0,75	24,4	43,1	442	861
4	2,98	0,99	32,5	48,7	436	915
5	3,88	1,27	41,6	50,9	449	907

Для сравнительной оценки обрабатываемости чугунов с различным содержанием углерода была построена зависимость износа резца от скорости резания в двойной логарифмической шкале (рис. 2).

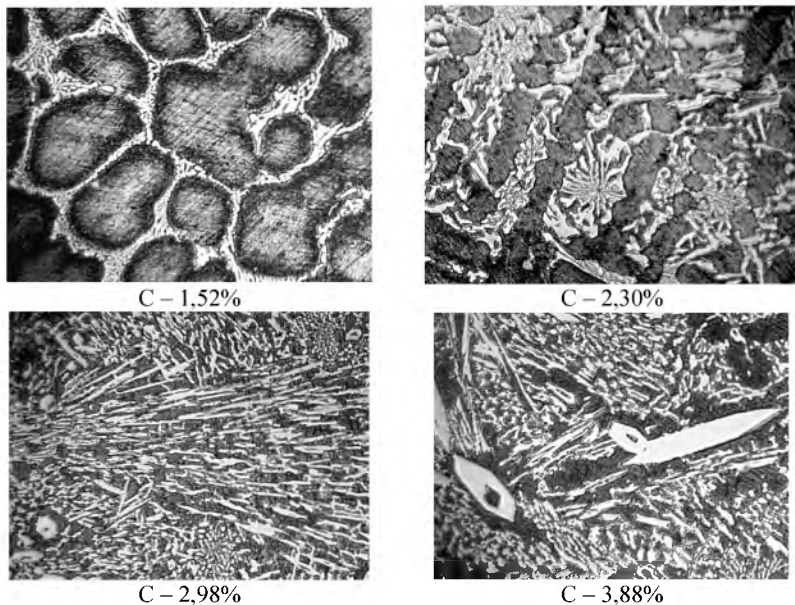


Рис. 1. Структура высокохромистых чугунов (17,5%Cr) с различным содержанием углерода ($\times 400$).

При увеличении содержания углерода количество карбидов увеличивалось, а обрабатываемость чугуна ухудшалась. При содержании углерода до 2,3% обрабатываемость имела удовлетворительное значение. В чугуне, содержащем свыше 2,98% углерода, образовывались заэвтектические карбиды, которые резко увеличивали износ режущего инструмента и ухудшали обрабатываемость. Наиболее худшую обрабатываемость имел чугун, содержащий 3,88% углерода, что связано с появлением в структуре особо крупных заэвтектических карбидов.

В процессе резания, после первого прохода резца, обработанная поверхность упрочнялась. Микротвердость металлической основы повышалась до 1100 HV₅₀, что соответствует 70HRC.

В результате проведенных исследований установлено, что обрабатываемость чугуна, в литом состоянии, ухудшается по мере увеличения содержания углерода (количества карбидов). Образование в чугуне заэвтектических карбидов резко ухудшает его обрабатываемость резанием.

Для деталей машин, не требующих обработки резанием целесообразно применять высокохромистые чугуны с повышенным содержанием углерода, хрома и марганца. Количество хрома в этих чугунах должно обеспечивать необходимую коррозионную стойкость.

Чугуны, применяемые для деталей подвергающихся механической обработке должны содержать минимально необходимое количество углерода, обеспечивающее требуемую износостойкость после термической обработки.

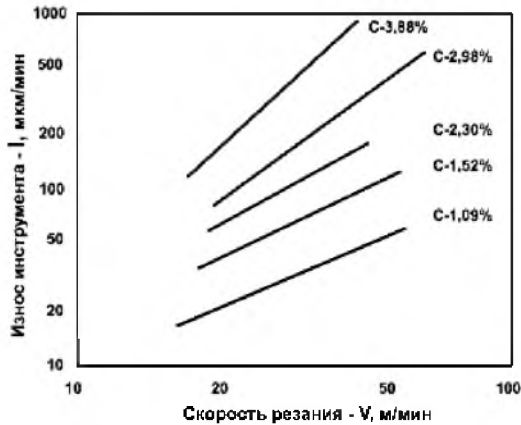


Рис. 2. Зависимость износа резца от скорости резания.

Выводы

1. По мере увеличения содержания углерода в сплаве, увеличивается количество карбидов, что ухудшает обрабатываемость. Наихудшую обрабатываемость имеет чугуны, содержащий крупные заэвтекктические карбиды.
2. При обработке чугунов резанием макротвердость чугуна, в литом состоянии, не является определяющим параметром обрабатываемости.
3. Содержание углерода в чугунах, для деталей требующих механической обработки должно быть менее 2,3%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гарбер М.Е. Отливки из белых износостойких чугунов. М.: Машиностроение. 1972. 112с.
2. Ящерицын П.И. и др. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. Мн.: Выш. шк. 1990. 512с.
3. Герек А., Байка Л. Легированный чугун – конструкционный материал. М.: Металлургия. 1978. 208с.
4. Чейлях А.П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии. Харьков: ННЦ ХФТИ. 2003. 212с.
5. Belikov S., Volchok I., Netrebko V. Manganese influence on chromium distribution in high-chromium cast iron // Archives of Metallurgy and Materials Vol. 58. 3/2013. p.895-897
6. Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. М.: Металлургия. 1983. 176с.
7. Волчок И.П., Нетребко В.В. Влияние марганца на процессы структурообразования износостойких высокохромистых чугунов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. Трудов. Вып. 64. Дн-вск., ПГА-СА, 2012. с.301–304.
8. Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. М.-Л.: Машиностроение. 1966. 564с.