

УДК 669.15.196

Б.В. Трухин, А.В. Трухин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ТИТАНА НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ

Увеличение срока службы быстроизнашивающихся деталей машин – важнейшая проблема современного машиностроения. Малый срок службы деталей снижает экономическую эффективность многих машин и механизмов приводит к безвозвратным потерям металла. Особенно важно обеспечить достаточно длительные сроки службы быстроизнашивающихся деталей в горнорудной, угольной, цементной и других отраслях промышленности, связанных с переработкой высокоабразивного сырья (руды, песка, угля и др.).

К таким машинам и устройствам относятся: насосы, углесосы, центрифуги, гидроциклоны, угле- и рудоразмолочные мельницы и др.

При изготовлении указанных машин применяют детали из различных типов белых чугунов, которые благодаря наличия в их структуре твердых составляющих – карбидов и имеют износостойкость в 5 – 10 раз более высокую, чем конструкционные стали.

Однако, обладая высокой абразивной износостойкостью, эти сплавы плохо обрабатываются резанием (скорость резания таких распространенных сплавов, как ИЧХ28Н2 (СС) и ИЧХ2НЧ (Нихард) составляют 6 – 10 $\text{м}^3/\text{мин}$).

Низкий уровень обрабатываемости износостойких сплавов сдерживает их широкое внедрение в промышленности. В этой связи проблема снижения трудоемкости механической обработки деталей из износостойких сплавов имеет такое важное значение.

Белые чугуны относятся к высоколегированным сплавам, содержащих углерод в пределах 2,5 – 3,6 %, хром до 30%, молибден, марганец и другие элементы. Структура белых чугунов состоит из значительного количества карбидов M_4C_3 и металлической основы.

Механические свойства применяемых марок белых чугунов определяются химическим составом чугуна, технологией изготовления и зависят от типа, количества и размеров карбидов. Комплексные исследования свойств износостойких сплавов, включая химический, металлографический, карбидный, рентгеноструктурные анализы, магнитную металлографию, а также физические, механические свойства сплавов, их абразивная износостойкость и обрабатываемость резанием позволили выявить и затем создать серию более технологичных и эффективных марок износостойких чугунов типа ИЧХ20Р, ИЧХ20РТ, легированных бором, титаном и другими добавками.

Если в литературе [1,2] довольно подробно освещен вопрос влияния на механические свойст-

ва, обрабатываемость и износостойкость белых легированных чугунов C , Cr , Mo , P то влияние Ti недостаточно изучено.

Титан относится к числу ярко выраженных карбиообразующих элементов. В отличие от многих других карбиообразующих элементов, например Mn , Cr , V титан не склонен к образованию двойных и комплексных карбидов железа, а образует собственный карбид.

Способность титана образовывать с углеродом карбиды, отличающихся высокой температурой диссоциации и перехода в твердый раствор, все чаще используется как одно из средств получения наследственно мелкозернистой структуры.

Измельчающее влияние титана на величину вторичного зерна аустенита и торможение им склонности этого зерна к росту при нагревании известно из работ Я. Е. Гольдштейна [1] и др.

И хотя в последнее годы наметился рост внимания к этому вопросу, однако до сих пор влияние титана на механические свойства и особенно обрабатываемость легированных сплавов в т.ч. легированных чугунов достаточно не изучено.

Для исследования влияния титана на механические свойства и обрабатываемость легированных титаном износостойких чугунов, были отлиты заготовки в форме втулок с наружным диаметром 80 – 100, внутренним 40 и длиной 450 мм. Все отливки имели одинаковый химический состав, кроме Ti , содержание которого изменялось от нуля до 0,7 % и были подвергнуты предварительной термической обработке – отжигу (нагрев 900° С, выдержка – 3 часа, охлаждение с печью).

Структура исследуемых образцов представляется в отожженном состоянии – перлит + цементит + мелкие карбиды.

Химический состав, твердость и средняя микротвердость составляющих структуры, механические свойства, а так же оптимальная скорость резания и V и коэффициент относительной износостойкости K_{uz} исследуемых образцов приведены в табл. 1. Механическая обработка заготовок проводилась на станке модели 163 резцами с механическим креплением твердосплавных пластинок ВК6М. Геометрия резцов $\gamma=5^\circ$, $\alpha=6^\circ$, $\varphi=45^\circ$, $\rho_1=10^\circ$, $\gamma_\phi=-10^\circ$, $\lambda=0.5$ мм, $r=2$ мм.

Обрабатываемость износостойкого чугуна ИЧХ20РТ с добавками титана оценивалась по оптимальной скорости резания V_0 и поверхностному относительному износу $h_{опз}$. Оптимальная скорость резания при обработке образцов, легированных добавками титана (0 – 0,7%), определялась по

методике ускоренного определения оптимальных режимов резания [3]. Добавки титана, изменяя структуру чугуна оказывают существенное влияние на обрабатываемость. В структуре хромистых чугунов увеличивается количество карбидов, повышается их микротвердость. Но наряду с этим изменяется форма и расположение карбидов, которые оказывают решающее влияние на уровень обрабатываемость чугуна.

В образцах с содержанием титана в пределах 0,3 – 0,4 % преобладают относительно мелкодисперсные карбиды тригональной формы. Как показали проведенные испытания, их образование облегчает обработку резанием среднехромистых чугунов.

При 0,7 % титана в сплаве наблюдается образование каркасных, скелетообразных соединений карбидов, резко ухудшающих обрабатываемость.

Результаты проведенных исследований обрабатываемости чугунов показывают, что влияние металлической основы не менее важно, чем влияние карбидной фазы.

С понижением микротвердости металлической основы улучшается обрабатываемость сплавов. Так при мягкой матрице удаление резцом даже самых твердых карбидов, тем более изолированных, не представляет больших усилий. При прочном закреплении карбидов, что имеет место при литом (H_o 150-50 гкгс/мм²), а тем более закаленном состоянии, обрабатываемость резко ухудшается.

С объединением карбидов в каркасные соединения прочность их закрепления даже в мягкой матрице может значительно возрасти.

Микротвердость металлической основы с введением добавок титана (0,4 %) повышалась с 260 до 280, а при 0,7 % Ti – до 310 кгс/мм². Такое незначительное увеличение микротвердости метал-

лической основы не может существенно ухудшить обрабатываемость чугуна.

Таким образом, обрабатываемость износостойкого чугуна определяется не только микротвердостью структурных составляющих и твердостью сплава, но и количеством, размерами и формой структурных составляющих карбидов и металлической основы.

На рис. 1 показан график изменения скорости резания V_0 при изменении содержания титана в чугуне. Как видно из графика, введение титана оказывает существенное влияние на обрабатываемость износостойкого чугуна.

Зависимость скорости резания V_0 от содержания титана выражается экстремальной кривой. Пик кривой V_0 соответствует содержанию титана в чугуне 0,3 – 0,4 %. При уменьшении или увеличении содержания титана скорость резания V_0 снижается.

На рисунке показано влияние титана на поверхностный относительный износ h_{on3} . Как видно из рисунка, кривая $h_{on3} = f(Ti)$ и имеет также экстремальный характер, аналогичный зависимости $V_0 = f(Ti)$. Тип кривой так же соответствует содержанию титана 0,3 – 0,4 %. Взаимосвязь между оптимальной скоростью резания и подачей при точении чугуна ИЧХ20РТ с содержанием титана 0,3 – 0,4 % выражена параметрическим уравнением максимальной размерной стойкости инструмента:

$$V_o \frac{43,5}{S^{0,47}} \text{ м/мин}$$

Для каждой выбранной подачи по уравнению может быть найдена оптимальная скорость резания. При различных сочетаниях подачи и скорости резания, удовлетворяющих указанному уравнению, обеспечивается постоянство оптимальной

Таблица 1

Номер образца	Химический состав, %								Литые образцы	
	C	Mn	Cr	Si	Ti	B	P	S	Предел прочности σ , кГ/мм ²	Твердость HRC
49	2,6	0,98	18,81	0,8	---	0,32	0,057	0,052	51,3	57–60
69-1	2,6	0,98	18,81	0,8	0,2	0,32	0,057	0,052	---	58–60
69-2	2,6	0,98	18,81	0,8	0,24	0,32	0,057	0,052	---	58–60
50	2,6	0,98	18,81	0,8	0,36	0,32	0,057	0,052	58,7	57–60
51	2,6	0,9	18,81	0,8	0,7	0,32	0,057	0,052	61,3	58–62

Номер образца	Отожженные образцы		Оптимальная скорость резания, при S=0,3 мм/об	Коэффициент относительной износостойкости, k^*
	Твердость HRC	Средняя микротвердость, кГ/мм ²		
49	32–35	330–350	25,0	7,6*
69-1	35–37	360–375	52,0	---
69-2	36–37	360–380	65,0	---
50	33–36	365–390	72,0	8,35*
51	37–39	360–400	10,0	8,42

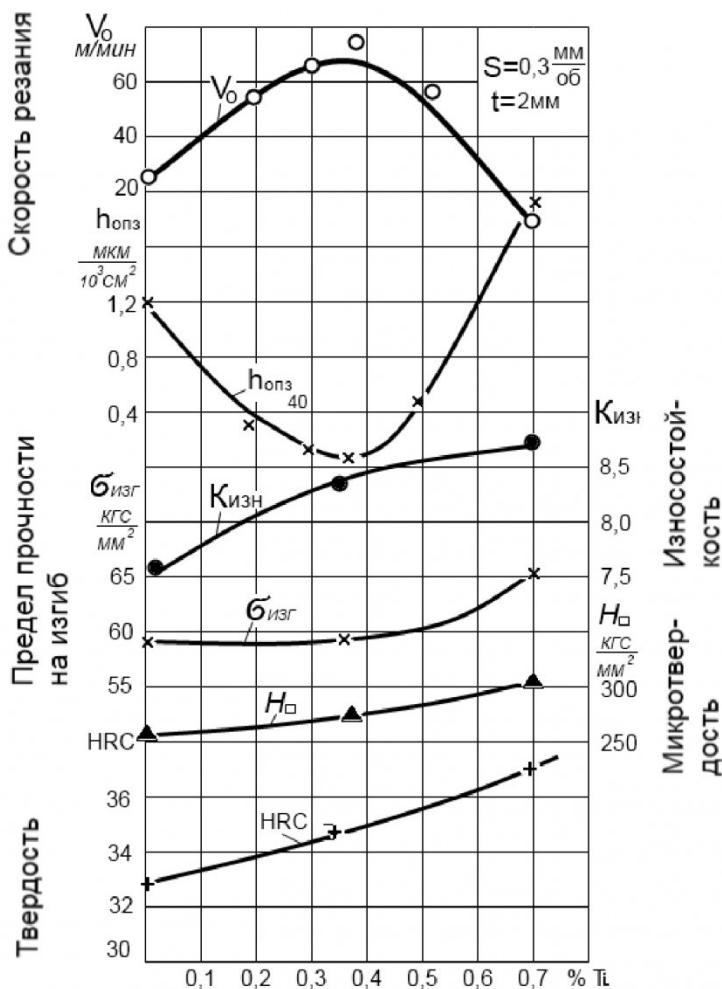


Рис. 1 Влияние содержания T_i на механические свойства, скорость резания, поверхностный относительный износ при обработке износостойкого чугуна.

температуры резания, максимальная размерная стойкость инструмента и точность обработки.

Выводы

1. Добавки титана в износостойком чугуне ИЧХ20РТ оказывают значительное влияние на его структуру, механические свойства и обрабатываемость. С увеличением содержания титана в пределах от нуля 0,7 % твердость увеличивается с HRC 33 до 37, предел прочности на изгиб с 57 до 66 kgs/mm^2 , износостойкость с 7,6 до 8,7 единиц, оптимальная скорость с 10 до 70 м/мин.

2. Оптимальная скорость резания V_0 и поверхностный относительный износ $h_{опз}$, при точении образцов, легированных титаном до 0,7 %, изменяется по закону экстремальных кривых, пик которых соответствует содержанию титана 0,3 - 0,4 %.

3. Оптимальное содержание титана в износостойком чугуне ИЧХ20РТ – 0,3 – 0,4 %.

4. На среднехромистый износостойкий чугун ИЧХ20РТ получено авторское свидетельство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштейн Я.Е. Микролегирование стали и чугуна. М.: Машгиз, 1959.
2. Цыпин И.И., Гарбер М.Е., Михайловская С.С. Обрабатываемость резания хромистых износостойких чугунов. Труды ВНИИПТУГЛЕМАШ, 1966.
3. Макаров А.Ю. Износ и стойкость режущих инструментов. М.: Машиностроение, 1976, с.277.

Авторы статьи

Трухин

Владимир Вениаминович
доцент каф. информационных и ав-
томатизированных производствен-
ных систем КузГТУ. Тел. 28-05-24.

Трухин

Александр Владимирович
ведущий специалист-эксперт отдела
надзора по гигиене труда Роспот-
ребнадзора Тел. 49-07-70