

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ ЛИТОЙ СТАЛИ Р5М2Ф10СЛ

А.А. Кононов, В.Н. Шабалин (г. Барнаул, Россия)

На машиностроительных и ремонтных предприятиях отчисляются большие средства на приобретение режущего инструмента, что влияет на общую стоимость изделий. В условиях рыночной экономики с целью снижения себестоимости изготовления деталей машин необходимо выбрать такой режущий инструмент, который бы соответствовал технологическим требованиям по обработке деталей и имел минимальную стоимость.

В инструментальном производстве режущий инструмент изготавливают преимущественно из катанной и ковальной быстрорежущей стали. Однако при этом около 70 % быстрорежущей стали идет в различные отходы, и лишь 30 % используется в виде инструмента. Применение литого режущего инструмента снижает его стоимость, но при этом литая быстрорежущая сталь, в виду специфики ее структуры имеет повышенную хрупкость.

С целью повышения механических и технологических свойств режущего инструмента и снижения хрупкости высоколегированной литой быстрорежущей стали была поставлена задача: разработать и исследовать высокоизносостойкую литую быстрорежущую сталь с высоким содержанием ванадия для изготовления режущего инструмента.

Предлагаемая литая быстрорежущая сталь Р5М2Ф10СЛ имеет следующий химический состав: С – 2,4; W – 5,3; Мо – 2,6; V – 9,85; Cr – 4,4; Si – 1,4; 0,05 – 0,07 церия. На химический состав стали Р5М2Ф10СЛ получен патент РФ.

Выплавку стали производили в 100 кг индукционной печи МГП-102 с кислой футеровкой. В качестве шихты использовали отходы стали Р6М5 и ферросплавы необходимых легирующих элементов, модифицирование церием проводили в ковше.

Микроструктура новой литой быстрорежущей стали показана на рисунке 1

В структуре литой стали Р5М2Ф10СЛ отсутствует сплошная эвтектическая сетка. Эвтектика состоит, в основном, из избыточных не растворимых карбидов ванадия и аустенита, способствующих сохранению мелкого зерна и повышению прочности, ударной вязкости и износостойкости.

По дифрактограммам, полученных с образцов в закаленно-отпущенном состоянии установлено, что основным типом карбидов является карбиды ванадия VC и сложные

карбиды M_6C и $M_{23}C_6$. Расчетное количество остаточного аустенита стали Р5М2Ф10СЛ после полного цикла термической обработки (закалка с температуры $1220\text{ }^\circ\text{C}$ + $3\times$ кратный отпуск при $560\text{ }^\circ\text{C}$ по 1 часу), не превышает 4-5 %.

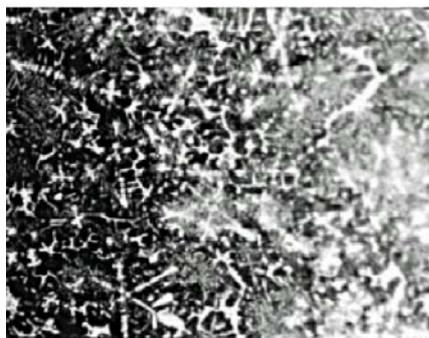


Рисунок 1 – Микроструктура литой стали Р5М2Ф10СЛ после полного цикла термической обработки ($\times 400$)

На рисунке 2 приведен фрагмент дифрактограммы, полученный на рентгеновском дифрактометре ДРОН – 2

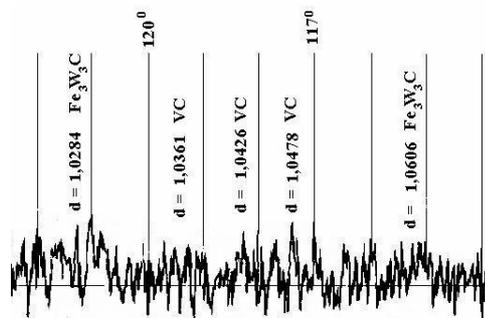


Рисунок 2 – Фрагмент дифрактограммы стали Р5М2Ф10СЛ

Твердость стали определяли на твердомтере по шкале HRCэ после полного цикла термической обработки.

Износостойкость определяли на машине трения СМЦ – 2 по схеме «диск – колодка» при сухом трении. Нагрузка, действующая на образцы составляла $P = 40\text{ Н}$, скорость скольжения - $V = 0,95\text{ м/с}$, время испытаний - $\tau = 10\text{ мин}$.

Теплостойкость определяли по методике Ю.А. Геллера.

Испытания на ударную вязкость проводили с помощью маятникового копра на образцах размером $10\times 10\times 55\text{ мм}$ без надреза.

Ударную вязкость рассчитывали по работе разрушения.

Для испытания прочности при изгибе использовали образцы квадратного сечения, размерами 5×5×65 мм. Сосредоточенную нагрузку создавали в середине пролета образца в приспособлении установленном на стол испытательной машины Р-20.

Результаты определения твердости исследуемых литых сталей Р5М2Ф10СЛ и Р6М5Л после оптимальной термообработки представлены на рисунке 3.

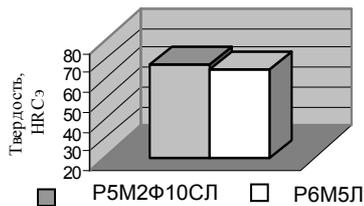


Рисунок 3 – Твердость литых быстрорежущих сталей после полного цикла термической обработки Р5М2Ф10СЛ и Р6М5Л

Зависимость изменения твердости закаленно-отпущенных сталей Р5М2Ф10СЛ и Р6М5Л после высокотемпературного нагрева при 620, 640 и 660 °С с 4х часовой выдержкой приведена на рисунке 4.

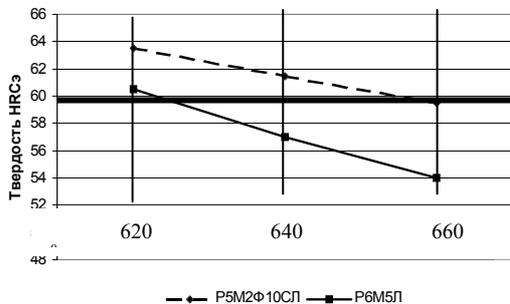


Рисунок 4 – Теплостойкость литых сталей Р5М2Ф10СЛ и Р6М5Л

Результаты испытаний на прочность и исследуемых сталей определены, как среднее значение по 5...6 образцам приведены на рисунке 5.

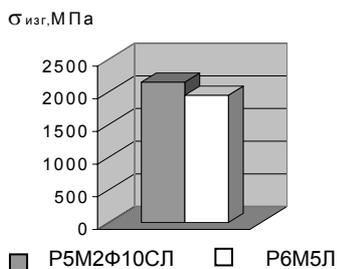


Рисунок 5 – Прочность при изгибе литых сталей Р5М2Ф10СЛ и Р6М5Л

Сравнительные результаты испытания на износостойкость исследуемых сталей Р5М2Ф10СЛ и Р6М5Л приведены на рисунке 6.

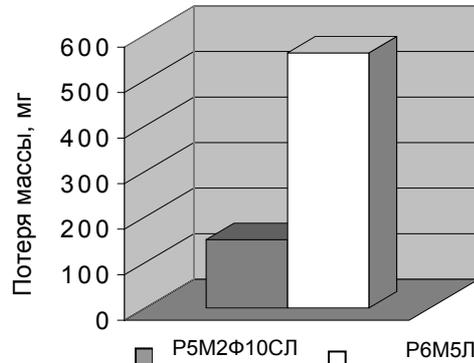


Рисунок 6 – Износостойкость литых сталей Р5М2Ф10СЛ и Р6М5Л

Проведенные исследования структуры и свойств литой высокованадиевой быстрорежущей стали Р5М2Ф10СЛ позволили сделать следующие выводы:

- 1) в заготовках инструмента из литой быстрорежущей стали с ванадием до 9 – 10 %, в структуре наблюдается тонкая не сплошная эвтектическая сетка, в отличие от литых быстрорежущих сталей с пониженной концентрацией ванадия стандартного состава;
- 2) установлено, что при легировании быстрорежущей стали ванадием, при котором образуется карбид VC, имеющий наименьший удельный объем (8,9 грамм – атома/см³, а для W₆C он составляет 50,1), уменьшается общий объем и увеличивается количество карбидных фаз;
- 3) установлено, что прочность литой быстрорежущей стали Р5М2Ф10СЛ на 15%, ударная вязкость на 30% и износостойкость в 3 – 4 раза превышают соответствующие свойства литой быстрорежущей стали Р6М5Л стандартного состава;
- 4) Установлено, что вторичная твердость литой стали Р5М2Ф10СЛ составляет 67,5–68 ед. HRCэ, а теплостойкость 60 ед. HRCэ, при нагреве 660 °С, 4 часа.
- 5) производственные испытания сборных фрез и отрезных резцов с режущими пластинами из литой стали Р5М2Ф10СЛ в условиях механических цехов ОАО «Алтайский трактор» показали, что при фрезеровании происходит повышение стойкости инструмента в 2,5 раза и при точении в 2 раза по сравнению с аналогичным инструментом из стали Р6М5Л;
- 6) установлена экономическая целесообразность применения высокованадиевой литой быстрорежущей стали для заготовок литого биметаллического режущего инструмента.