

Технология, оборудование, САПР и экология литейного производства

Investigation of influence of heightened carbon contents on structure and characteristics of high-speed steel P6M5 is carried out.

Ф. И. РУДНИЦКИЙ, БНТУ

УДК 669.14.018.252

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ЛИТОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА

Опыт применения литейных технологий при изготовлении литых заготовок из быстрорежущих сталей позволяет с уверенностью выделить ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами использования проката и поковок:

- возможность использования собственных отходов инструментального производства (стружка, вышедший из строя инструмент, немерные заготовки проката, металлоабразивный шлам);

- экономия металла за счет максимального уменьшения припусков под механическую обработку при использовании точных методов литья (до 90%);

- повышение стойкости инструмента путем оптимизации химического состава, технологических факторов изготовления на всех этапах от плавки металла до заливки и термической обработки заготовок с максимальным учетом конкретных условий эксплуатации [1–3].

По существу используемые в настоящее время в мировой практике быстрорежущие стали стандартного состава являются универсальными по комплексу свойств и назначению, поскольку применяются для изготовления инструмента разного назначения (сверла, метчики, зенкеры, фрезы, развертки и др.). При изготовлении инструмента литьем имеется уникальная возможность, используя в качестве шихтовых материалов отходы стандартных марок сталей, скорректировать в процессе плавки металла его состав, оптимизировать условия кристаллизации. Оптимизация состава и технологических факторов получения литых заготовок позволяет увеличить свойства, имеющие первостепенное значение с точки зрения эксплуатационной стойкости конкретного инструмента и условий его работы (тип инструмента, обрабатываемый материал, режимы резания и др.) [2–4].

В ряде случаев необходимость в обработке давлением при изготовлении стандартных быстрорежущих сталей ограничивает в их составе наличие таких элементов, как бор, углерод и др., существенно повышающих их твердость, теплоустойчивость, износостойкость и в результате эксплуатационную стойкость [5, 6].

В данной работе проведено исследование влияния повышенного содержания углерода на структуру и свойства литой быстрорежущей стали P6M5. Необходимость в проведении такого рода работы была вызвана использованием в качестве шихтовых материалов металлоабразивного шлама, образующегося при шлифовании и затачивании заготовок инструмента. Внедрение такой технологии обеспечивает возможность рециклинга трудноперерабатываемых отходов, содержащих дорогостоящие и дефицитные элементы, предотвратить выброс их в отвалы и сохранить окружающую среду.

Поскольку для увеличения выхода годного металла технологией предусмотрено предварительное восстановление шлама путем смешивания с углеродсодержащими материалами (графит, древесный уголь и др.), весьма вероятно возможность значительного увеличения концентрации углерода в выплавленной стали.

Сталь выплавляли в индукционной печи ИСТ-006 с кислой футеровкой и заливали в металлический кокиль. Раскисление осуществляли ферросилицием, ферромарганцем и алюминием. В качестве модификатора использовали нанопорошок поверхностно-активного элемента (ПАЭ) VIa подгруппы таблицы Менделеева. Образцы базовой стали P6M5 подвергали термической обработке по стандартным режимам (изотермический отжиг, закалка с 1220 °С, трехкратный отпуск при



Рис. 1. Микроструктура немодифицированной стали Р6М5 с повышенным содержанием (2%) углерода. $\times 400$

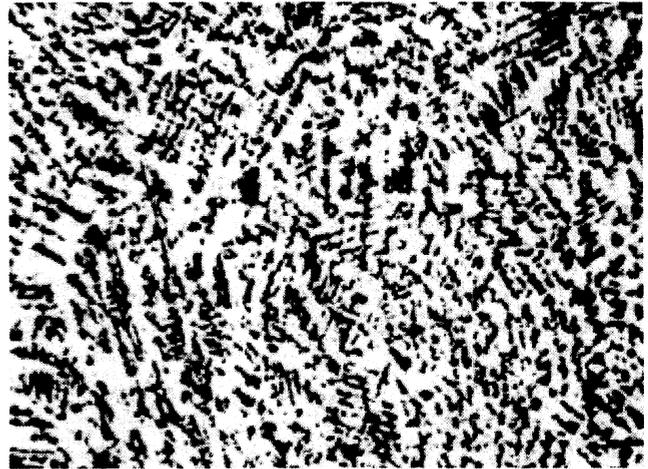


Рис. 2. Микроструктура модифицированной стали Р6М5 с повышенным содержанием (2%) углерода. $\times 400$

560 °С). Для образцов стали с повышенным содержанием углерода применяли лишь трехкратный отпуск при 560 °С без отжига и закалки.

Свойства исследуемых сплавов, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что увеличение содержания углерода способствует значительному возрастанию твердости, теплостойкости и износостойкости, но снижению ударной вязкости.

Влияние содержания углерода на основные свойства литой быстрорежущей стали

| Сталь | Твердость HRC | Теплостойкость, 620 °С, 4 ч, HRC | Ударная вязкость КС, кДж/м ² | Износ $\Delta M 10^{-7}$, кг/ч |
|-----------------------------|---------------|----------------------------------|---|---------------------------------|
| Р6М5 | 63,0 | 58,5 | 90 | 780 |
| Р6М5 + 1,2% С | 69,0 | 64,0 | 20–30 | 450 |
| Р6М5 + 1,2% С + модификатор | HRC 70 | 66,0 | 100–120 | 420 |

Кардинальное изменение свойств вызвано увеличением количества карбидной составляющей в структуре (рис. 1, 2). Причем зафиксировано увеличение как первичных изолированных карбидов, так и сетки ледебуритной эвтектики, вызывающей охрупчивание стали. Изменение претерпела и морфология эвтектической составляющей, поскольку увеличилась доля эвтектики скелетного и пластинчатого типов.

Использование модифицирования поверхностно-активным элементом в наноструктурированном виде позволило устранить эффект охрупчивания и повысить ударную вязкость в 5 раз по сравнению с немодифицированной сталью.

Металлографический анализ образцов исследуемых сталей показывает, что в результате модифицирующего эффекта происходит значительное измельчение первичного зерна. Существенные изменения наблюдаются и в эвтектике. Она приобретает более тонкое, мелкодисперсное строение, местами разорвана и расположена в виде изолированных колоний (рис. 3). Преобладает доля стержневой и веерообразной эвтектики. Дей-

ствительные изменения наблюдаются и в эвтектике. Она приобретает более тонкое, мелкодисперсное строение, местами разорвана и расположена в виде изолированных колоний (рис. 3). Преобладает доля стержневой и веерообразной эвтектики. Дей-

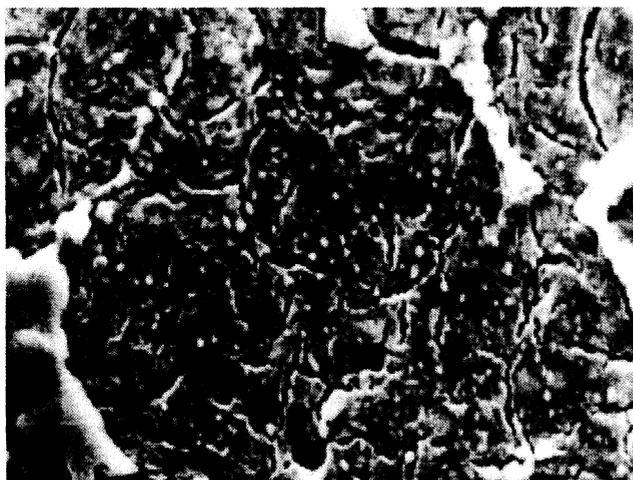


Рис. 3. Микроструктура модифицированной быстрорежущей стали с повышенным содержанием углерода после закалки и отпуска. $\times 2500$

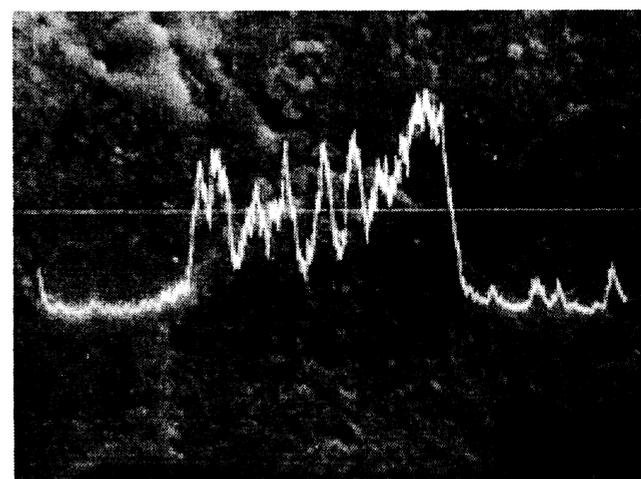


Рис. 4. Характер распределения модификатора в структуре литой быстрорежущей стали. $\times 2500$

ствие модификатора объясняется его расположением на растущих кристаллах и твердого раствора и карбидной составляющей структуры (рис. 4). В результате таких изменений в структуре под воздействием поверхностно-активного модификатора ударная вязкость исследуемой стали существенно повышается. Примечательным является тот факт, что модифицирование приводит к увеличению также теплостойкости и износостойкости стали с повышенным содержанием углерода. Это связано с повышением растворимости углерода и легирующих элементов в твердом растворе и, как следствие, усилением эффекта дисперсионного твердения.

Высокие показатели твердости, теплостойкости и износостойкости в сочетании с достаточным уровнем прочностных свойств литой быстрорежущей стали с повышенным содержанием углерода позволяют использовать ее для изготовления литых заготовок инструмента с минимальными припусками под механическую обработку (шоу-процесс, композит шоу-процесс). В этом случае операция термической обработки в технологическом цикле изготовления инструмента может заключаться лишь в отпуске, исключая отжиг и закалку. Такая сталь может найти эффективное применение в качестве инструментального материала, по стойкости не уступающего твердым сплавам.

Литература

1. Гудремон Э. Специальные стали. Т. 1, 2. М.: Metallurgia, 1966.
2. Рудницкий Ф. И. Особенности эксплуатации инструмента из литой быстрорежущей стали // Литье и металлургия. 2006. № 2. Ч. 2. С. 173–177.
3. Чаус А. С., Рудницкий Ф. И. Структура и свойства быстроохлажденной быстрорежущей стали Р6М5 // Митом. 2003. № 5. С. 3–7.
4. Чаус А. С., Рудницкий Ф. И., Мургаш М. Структурная наследственность и особенности разрушения быстрорежущих сталей // Митом. 1997. № 2. С. 9–11.
5. Chaus A. S., Rudnitsky F. I. The influence of elements on structure and properties of the tungsten-molibdenum high-speed steels // CO-MAT-TECH'98: Proc. of the Intern. conf. Bratislava: STV, 1998. Vol. 1. P. 23–34.
6. Чаус А. С., Рудницкий Ф. И. Влияние условий эксплуатации литого металлорежущего инструмента на особенности его изнашивания и стойкость. Часть I. Анализ условий работы инструментов // Трение и износ. 2007. № 5. С. 449–456.