

**Возможности изготовления литой технологической оснастки и инструмента из быстрорежущей стали с использованием операции закалки из жидкого состояния**

Рудницкий Ф.И., Скворцов А.А.

Белорусский национальный технический университет

*Аннотация:*

В работе приведены результаты исследований структуры и свойств стали Р18, предназначенной для изготовления литых резцов горнодобывающих машин в различном состоянии: после литья, отжига, закалки и отпуска. Значения твердости образцов позволяют сделать вывод о возможности исключения из технологического цикла изготовления резцов операции закалки при выбранном методе литья.

*Текст доклада:*

Важнейшим фактором, определяющим стойкость инструмента, является его структура. Анализ поведения литого режущего инструмента в условиях эксплуатации показывает, что зачастую основными причинами выхода из строя являются поломки, особенно при неправильном выборе номенклатуры для изготовления в литом варианте, обусловленные повышенной хрупкостью стали вследствие сильной неоднородности структуры и наличием карбидной сетки по границам зерен (сохраняющейся после термической обработки).

Формирование структуры литого инструмента происходит в первую очередь при кристаллизации стали, а так и при последующей термической обработке, режимы которой должны назначаться с учетом структуры литой стали. Поскольку структура быстрорежущей стали, сформированная на стадии кристаллизации, наследуется и сохраняется при последующих традиционных режимах закалки и отпуска, при разработке технологического процесса режущего инструмента конкретного назначения для конкретных условий эксплуатации первоочередной задачей является выбор метода литья, определяющий условия формирования структуры (скорость охлаждения, последовательность и длительность протекания основных фазовых превращений).

В связи с изложенным, рациональному выбору метода литья для получения литых заготовок режущих вставок резцов горнодобывающих машин в данной работе уделено первостепенное внимание. Среди ряда оцениваемых факторов учитывали структурные, экономические, технологические и др. На основании тщательного анализа всех факторов в качестве основного

метода получения заготовок выбрано литье в кокиль, в формы из химически-твердеющих смесей и литье в керамические формы (Шоу-процесс).

На первом этапе работы исследовали структуру образцов стали P18Л, модифицированной наноструктурированным диборидом титана. Выбор этого соединения в качестве модификатор обусловлен положительными результатами исследований при модифицировании быстрорежущей стали P6M5Л [1,2]

При оптимизации структуры режущего инструмента и технологической оснастки из высоколегированной стали важно оценить основные структурные факторы, среди которых следует отметить следующие:

- размер первичного зерна;
- разорванность ледебуритной сетки;
- балл карбидной неоднородности;
- морфология эвтектики;
- размер действительного зерна аустенита;
- количество остаточного аустенита.

В качестве базовой в исследовании выбрана сталь P18. В период кристаллизации исследуемой стали происходят перитектическое, эвтектическое и эвтектоидное превращения.

Микроструктура стали P18 характеризуется наличием ледебуритной эвтектики в виде сетки по границам зерен и матричной составляющей, большей частью разорванной.

Микроструктуры исследуемых образцов, приведенные на рисунках 1 - 4, свидетельствуют о том, что в результате наномодифицирования измельчается первичное зерно, сетка ледебуритной эвтектики разрывается, эвтектика приобретает тонкое строение и располагается в виде изолированных колоний.

Судя по микроструктурам, фиксирующимся в результате операций термической обработки отжига (рисунок 3), закалки (рисунок 2), трехкратного отпуска (рисунок 4) по сравнению со структурой стали в литом состоянии (рисунок 1) происходят определенные изменения в ледебуритной эвтектике, определяющей ударную вязкость стали (частичная колесценция и коагуляция карбидных частиц), она становится тоньше, более разорванной, хотя наследственное расположение первичных карбидов сохраняется. Этот факт дополнительно подтверждает важность влияния модифицирования на стадии кристаллизации сталей ледебуритного класса. В остальном трансформация структуры происходит по классическому образцу: при отжиге  $\delta$  – феррит и аустенит распадаются на перлит, после закалки образуется мартенсит и остаточный аустенит, при отпуске фиксируются мартенсит отпуска и дисперсные карбиды.

Результаты дюрOMETрических испытаний экспериментальных образцов представлены в таблице (таблица 1).

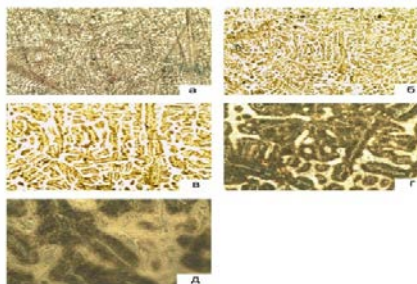


Рисунок 1 - Микроструктура стали P18 в литом состоянии: а - х50; б - х100; в - х200; г - х500; д - х1000

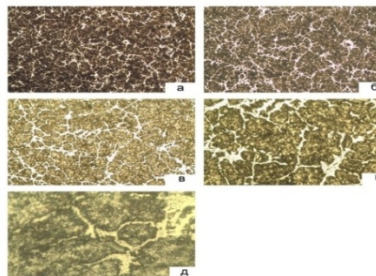


Рисунок 2 - Микроструктура стали P18 в отожжённом состоянии: а - х50; б - х100; в - х200; г - х500; д - х1000

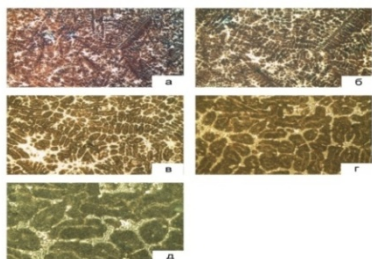


Рисунок 3 - Микроструктура стали P18 в закаленном состоянии: а - х50; б - х100; в - х200; г - х500; д - х1000

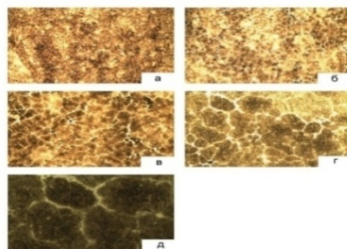


Рисунок 4 - Микроструктура стали P18 в отпущенном состоянии: а - х50; б - х100; в - х200; г - х500; д - х1000

Таблица 1 - Значения твердости экспериментальных образцов

Экспериментальный образец	Твёрдость	
	по Бринеллю, НВ	по Роквеллу, НRC
В литом состоянии	-	60
После 1 отпуска литого образца		61
После 2 отпуска литого образца		62
После 3 отпуска литого образца		62
В отожженном состоянии	270	-
В закаленном состоянии	-	61
В состоянии после закалки и трехкратного отпуска	-	64

Значения твердости соответствуют структурным изменениям, более высокая твердость после отпуска подтверждает факт прохождения процесса дисперсионного твердения.

Весьма важным результатом является то, что дисперсионное твердение фиксируется при отпуске литых образцов. В этом случае условия охлаждения соответствуют условиям закалки металла из жидкого состояния, учитывая способность быстрорежущих сталей закаливаться на воздухе.

Учитывая полученные результаты, имеется реальная возможность создания технологии изготовления цельнолитых резцов горнодобывающих машин, исключающая необходимость использования операции закалки.

При условии изготовления цельнолитых резцов, учитывая возможность использования при переплаве отходов инструментальных сталей, значительно сокращается количество операций механической обработки самих режущих вставок, корпусов, операций их термической обработки, трудоемких операций крепления вставки в корпус и др.

### Литература

5. Рудницкий, Ф.И. О возможности избирательного модифицирования быстрорежущей стали/ Ф.И.Рудницкий, Ю.А.Николайчик, А.Н.Ермак// Литье и металлургия. – 2014. – № 1. – С. 50-55.

6. A.S. Chaus, F.I.Rudnitskii, M. Bogachik, P. Uradnik. Special features of microstructure of W–Mo high-speed steel modified with titanium diboride. Metal Science and Heat Treatment. – 2011. - № 11-12. – p. 575-580