

Влияние радиально-сдвиговой прокатки на распределение, форму и дисперсность карбидов в быстрорежущей стали Р6М5

И. В. Доронин, Ю. А. Лукина, В. И. Антипов, Л. В. Виноградов,
И. О. Банных, П. Л. Алексеев, Э. М. Лазарев, Ю. Э. Мухина,
Е. Е. Баранов, А. С. Гордеев, А. Г. Колмаков

Исследовано влияние радиально-сдвиговой прокатки (РСП) на изменение карбидной неоднородности микроструктуры быстрорежущей стали Р6М5. Показано, что после РСП исчезает строчечное расположение частиц первичных карбидов ледебуритной эвтектики, а образованные частицы характеризуются овальной формой. Размер частиц после РСП в 2 – 2,5 раза меньше, чем у частиц в металле после продольной прокатки.

Ключевые слова: быстрорежущая сталь, карбидная неоднородность.

Changing of carbide nonhomogeneity microstructure of high speed steel P6M5 after radial shear rolling. It was shown that linear location of particles of primary carbides ledeburite eutectic disappeared. Formed after radial shear rolling particles characterized oval form and their size lower by 2 – 2,5 times than size of particles in metal after longitudinal rolling.

Key words: high speed steel, carbide nonhomogeneity.

Введение

Карбидная неоднородность [1 – 3] или карбидная ликвация [4, 5], которая оценивается в баллах шкалы ГОСТ 19265-73, определяет количество, размер и характер распределения частиц первичных карбидов ледебуритной эвтектики в объеме металла горячекованных и горячекатаных сортовых заготовок быстрорежущих сталей. Карбидная неоднородность оказывает существенное влияние на весь комплекс физико-механических свойств режущего инструмента [1, 5].

Балл карбидной неоднородности в горячедеформированных заготовках быстрорежущих сталей зависит от следующих факторов:

1. Химического состава стали и, в первую очередь, содержания в ней углерода и вольфрама [1, 5];
2. Размеров исходного слитка и особенностей его кристаллизации [1, 4, 5];
3. Режимы нагрева слитков под ковку [6];
4. Способа горячей пластической деформации [4];

5. Степени деформации литого металла (величины “укова”) [1, 4, 6].

Качественная оценка положительного влияния РСП на структурное состояние быстрорежущих сталей дана в [7 – 9].

Цель работы — количественное определение размеров и формы частиц первичных карбидов после РСП по сравнению с обычной продольной прокаткой (ПП).

Материал и методика исследования

Материалом исследования служили прутки полученные продольной прокаткой (диаметром 20 – 25 мм) и радиально-сдвиговой прокаткой (диаметром 50 мм), из которых вырезали образцы и приготавливали шлифы для металлографического анализа. Микроструктуру шлифов изучали с помощью световой микроскопии (МИМ-7, МИМ-8), а измерения размеров карбидных частиц проводили на нескольких (3 – 5) шлифах из прутков каждого вида

деформационной обработки. На каждом из шлифов проводили измерения на нескольких десятках полей (от 80 до 100).

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Применение РСП позволяет резко снизить карбидную неоднородность в поверхностном слое сортовых заготовок быстрорежущих сталей Р6М5 и 130Р12МЗФЗК10-Ш (ЭП-682-Ш) [7]. Так на расстоянии 1/5 радиуса от поверхности прутков диаметром до

65 мм карбидная неоднородность не превышала 1 балла по шкале ГОСТ 19265-73 (рис. 1). При этом наряду с существенным измельчением карбидов ледебуритной эвтектики (рис. 1а), наблюдается их более равномерное распределение в объеме металла по сравнению с продольной прокаткой (рис. 1з, д). Слабо выраженное строчечное расположение карбидных частиц, имеющее место при продольной прокатке (рис. 1з) в случае РСП полностью отсутствует (рис. 1д). Кроме того, в результате РСП изменяется морфология самих частиц, приобретающих

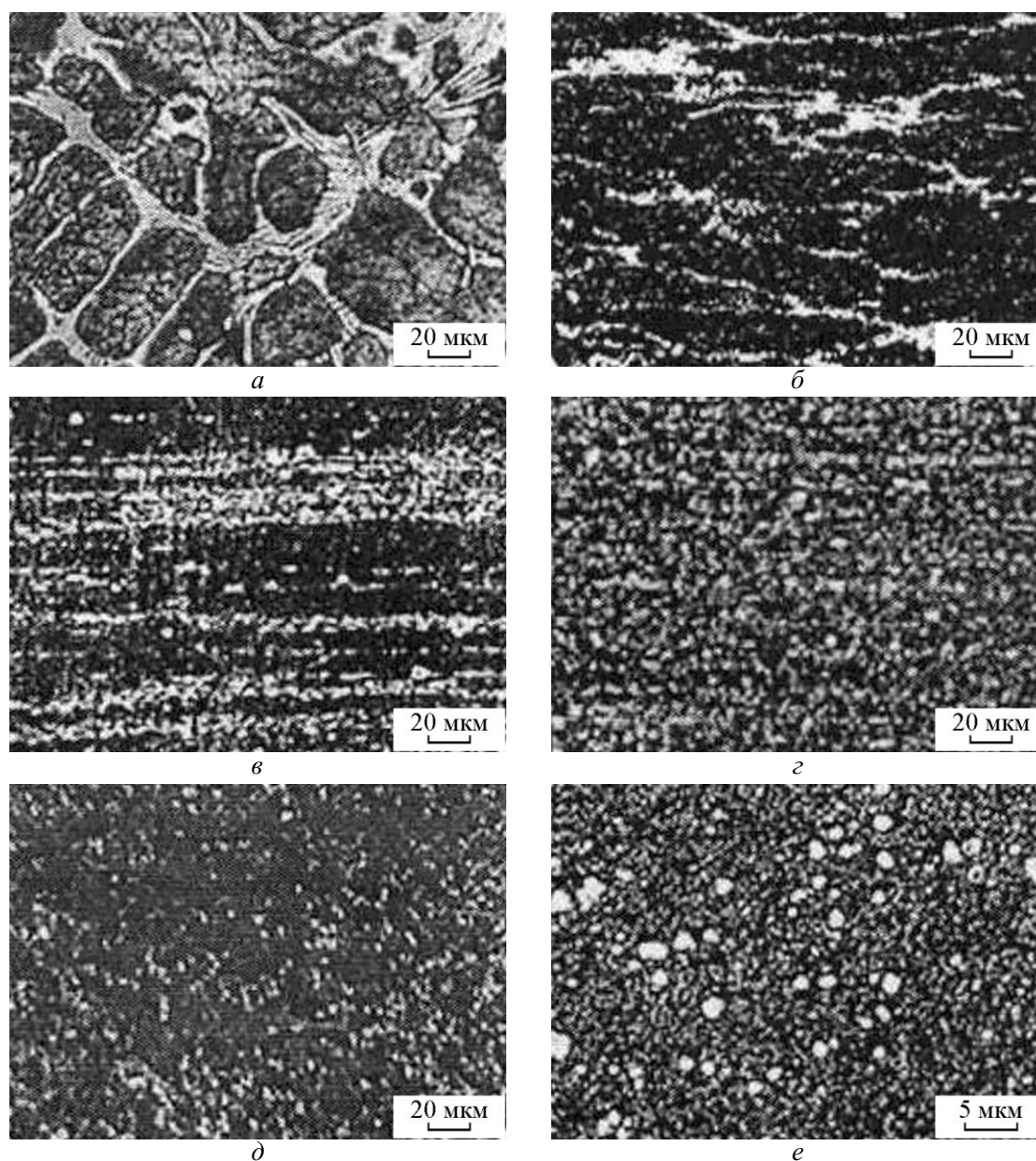


Рис. 1. Карбидная неоднородность в быстрорежущей стали Р6М5: а — литой металл, б — поковка диаметром 180 мм, в — ПП диаметра 60 мм, г — ПП диаметра 20 мм, д, е — РСП диаметра 50 мм на расстоянии 1/5 радиуса от поверхности.

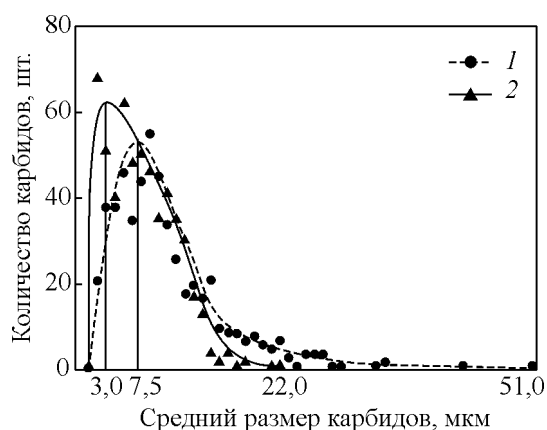


Рис. 2. Распределение по размерам частиц первичных карбидов в стали Р6М5: 1 — ПП, 2 — РСП (в обоих случаях 1-й балл карбидной неоднородности в металле рис. 1г и д).

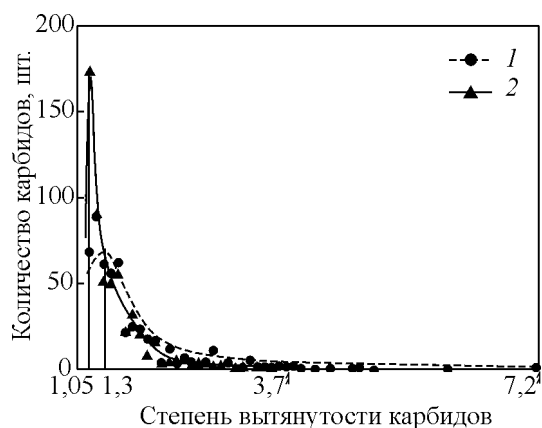
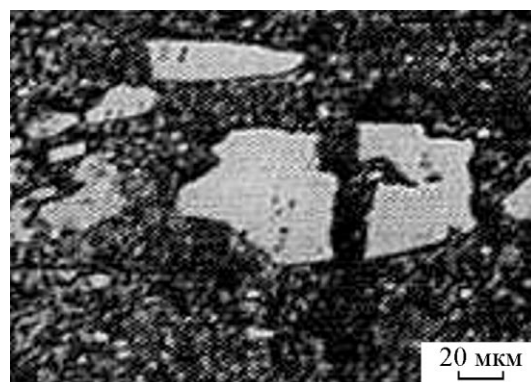


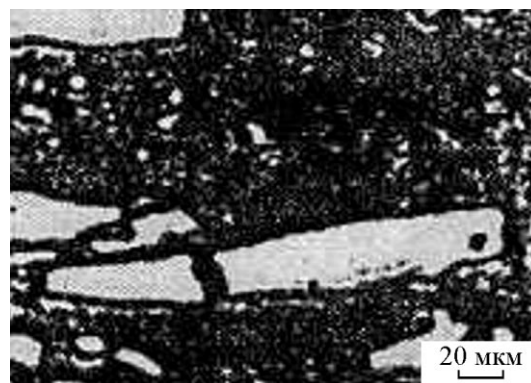
Рис. 3. Распределение по степени вытянутости частиц первичных карбидов в стали Р6М5: 1 — ПП, 2 — РСП (в обоих случаях 1-й балл карбидной неоднородности — рис. 1г и д).

округлую форму, при которой нет острых углов (рис. 1е).

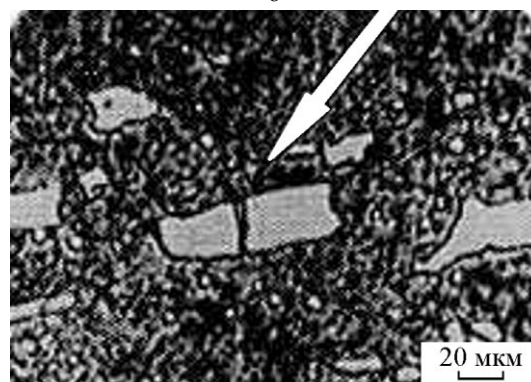
На основе анализа микрофотографий шлифов образцов, вырезанных из прутков стали Р6М5, подвергнутых ПП и РСП, построены графики распределения карбидных частиц по размерам после ПП и РСП (рис. 2). Измерения размеров проводили по фотографиям 80-ти полей 3-х микрошлифов каждого вида обработки. Поскольку кривые распределения имеют ярко выраженный ассиметричный характер, то для сопоставления размеров частиц определяли следующие два параметра: наибольший поперечный размер частиц, соответствующий максимальному значению относительных количеств (частот) их в металле после РСП и максимальное значение размеров частиц в каждом распределении.



а



б



в

Рис. 4. Дробление продолговатых карбидов в крупных сортовых заготовках (диаметр 90 мм) стали Р6М5 с образованием «угловатых» карбидов (а, б) и трещин (в — указано стрелкой).

В результате размер частиц, соответствующий максимумам относительных частот составил для ПП 7,5 и 3,0 мкм для РСП. Максимальный размер частиц первичных карбидов составил 51,0 мкм после ПП и 22,0 мкм в металле, прошедшем РСП.

Заслуживает внимания различие формы карбидных частиц, а именно степень их вытянутости, оцениваемая как отношение длины частицы к её ширине. Измерения показали, что степень вытянутости кар-

бидных частиц в стали Р6М5 после ПП существенно выше, чем для карбидов в металле после РСП (рис. 3), то есть, вытянутость частиц первичных карбидов в металле после ПП, равная 7,2 мкм, значительно превышает этот показатель у металла, подвергнутого РСП — 3,7 мкм.

Следует отметить, что большие по длине частицы первичных карбидов ледебуритной эвтектики в процессе горячей пластической деформации часто дробятся и ломаются с образованием “остроугольных” карбидов (рис. 4). При этом образующиеся трещины часто остаются незаполненными металлом (рис. 4б). Такие дефекты резко снижают прочность металла на изгиб, что приводит к выкрашиванию режущих кромок инструмента. По этой причине ГОСТ 19265-73 требует отсутствия скоплений угловатых карбидов (рис. 4б) в шлифованных прутках быстрорежущих сталей.

Выводы

1. РСП быстрорежущей стали марки Р6М5 позволяет полностью устранить строчечное расположение частиц первичных карбидов ледебуритной эвтектики в отличие стали, полученной обычной ПП.

2. При одинаковом балле карбидной неоднородности (1 балл по шкале ГОСТ 19265-73) основная масса карбидных частиц в структуре металла после РСП в 2,5 раза меньше по размеру по сравнению с частицами в металле, подвергнутому ПП.

3. Образование в структуре металла карбидных частиц овальной формы после РСП существенно

повышает работоспособность режущего инструмента из стали Р6М5, поскольку вытянутые частицы, образующиеся в металле после ПП, способствует возникновению остроугольных карбидов, что негативным образом сказывается на работоспособности режущего инструмента.

Литература

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1961, 510 с.
2. Гольдштейн М.И., Грачёв С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. М.: Металлургия, 1985, 408 с.
3. Доронин В.М. Термическая обработка углеродистой и легированной стали. М.: Металлургиздат, 1955, 395 с.
4. Дзугутов М.Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. М.: Металлургия, 1977, 480 с.
5. Гудремон Э. Специальные стали. Т. 2. М.: Металлургия, 1966, 1274 с.
6. Доронин В.М. Строение, свойства и термическая обработка литой стали. Справочник «Металловедение и термическая обработка стали», т. 3. М.: Металлургия, 1983, с. 6.
7. Доронин И.В., Булавин В.Л., Антипов В.И. Структура естественных дисперсно-упрочнённых композиционных материалов на базе сталей ледебуритного класса. Физика и химия обработки металлов, 1991, № 1, с. 141 – 143.
8. Галкин С.П., Доронин И.В., Антощенко А.Е., Лукина Ю.А., Романова Е.Н. Использование радиально-сдвиговой прокатки для получения в сталях ледебуритного класса структуры естественных дисперсно-упрочнённых композиционных материалов. Технология металлов, 2007, № 4, с. 6 – 10.
9. Потапов И.Н., Полухин П.И. Новая технология винтовой прокатки. М.: Металлургия, 1975, 343 с.

Статья поступила в редакцию 3.12.2013 г.

Доронин Игорь Владимирович — *Электростальский политехнический институт (филиал МАМИ), кандидат технических наук, профессор, специалист в области металловедения, прокатки и термической обработки.*

Лукина Юлия Александровна — *ОАО “Электростальский завод тяжелого машиностроения”, инженер, начальник бюро термической обработки, специалист в области термической обработки.*

Антипов Валерий Иванович — *Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, специалист в области порошковой металлургии, покрытий и композиционных материалов.*

Виноградов Леонид Викторович — *Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), кандидат технических наук, старший научный сотрудник, специалист в области порошковой металлургии, покрытий и композиционных материалов.*

Банних Игорь Олегович — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник. Специалист в области металловедения.

Алексеев Петр Алексеевич — Электростальский политехнический институт (филиал МАМИ), кандидат технических наук, доцент. Специалист в области прокатки металлических материалов.

Лазарев Эдуард Михайлович — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник. Специалист в области структурного анализа, Оже-спектроскопии и покрытий. E-mail: shamray@imet.ac.ru.

Мухина Юлия Эдуардовна — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), кандидат технических наук, научный сотрудник. Специалист в области структурного анализа и физикохимии неорганических материалов.

Баранов Евгений Евгеньевич — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), научный сотрудник, специалист в области композиционных материалов.

Гордеев Александр Семёнович — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), старший научный сотрудник, специалист в области рентгеноструктурного анализа и Оже-спектроскопии.

Колмаков Алексей Георгиевич — Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), доктор технических наук, заведующий лабораторией. Специалист в области композиционных и нано-материалов, мультифрактального анализа, синергетики. E-mail: kolmakov@imet.ac.ru.