

А.В.Степаненко, докт.техн.наук,  
Л.А.Исаевич, канд. техн. наук,  
К.Д.Миронов, канд.техн.наук (БПИ)

## ПОЛУЧЕНИЕ И ПРОКАТКА ГРАНУЛ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5

Широкое применение при изготовлении металлорежущего инструмента получила быстрорежущая сталь марки Р6М5. Это связано прежде всего с уменьшением процентного содержания дефицитного вольфрама в стали. Кроме того, введение молибдена способствует уменьшению размеров избыточных карбидов, что приводит в конечном итоге к повышению эксплуатационных свойств режущего инструмента [1]. На распределение и размер фаз и избыточных карбидов существенное влияние оказывает способ получения быстрорежущей стали. Так, значительными недостатками литой стали Р6М5 являются повышенная хрупкость, склонность к ликвации, наличие структурной неоднородности, особенно карбидной, которая снижает выход годного инструмента [2].

В последние годы предприняты попытки получения быстрорежущей стали методом порошковой металлургии [3-5]. Однако получение порошка стали Р6М5, его дальнейшая обработка давлением с последующим спеканием являются сравнительно дорогими операциями. Авторы работ [6, 7] предложили использовать технологические отходы и стружку данной стали, но последующая их обработка также требует сложного и дорогостоящего оборудования.

Нами была предложена технология получения быстрорежущей стали Р6М5, заключающаяся в гранулировании металла из расплава с последующей горячей прокаткой гранул. Гранулирование осуществляли вибрационным способом. При проведении эксперимента в качестве материала рабочего тигля использовали графитошамот. Однако в процессе отливки под воздействием высокой температуры расплава происходило увеличение размеров отверстий в дне тигля. Кроме того, воздействие вибрации отрицательно сказывалось на механической прочности тигля, в связи с чем через короткий промежуток времени он разрушался. Более стойкими оказались тигли из порошков состава  $\text{Si}_3\text{N}_4 + \text{BN}$ , изготовленные методом ГДП. Однако стойкость и этих материалов не достаточна для их промышленного применения.

С целью устранения отмеченного недостатка было разрабо-

тано устройство для получения гранул быстрорежущей стали ви-  
брационным способом, схема которого показана на рис. 1 [8].  
Устройство включает вибрирующий в вертикальной плоскости  
клин 1, над которым расположен тигель 2, обогреваемый печью  
сопротивления 3, а внизу приемный бак 4. Клин представляет

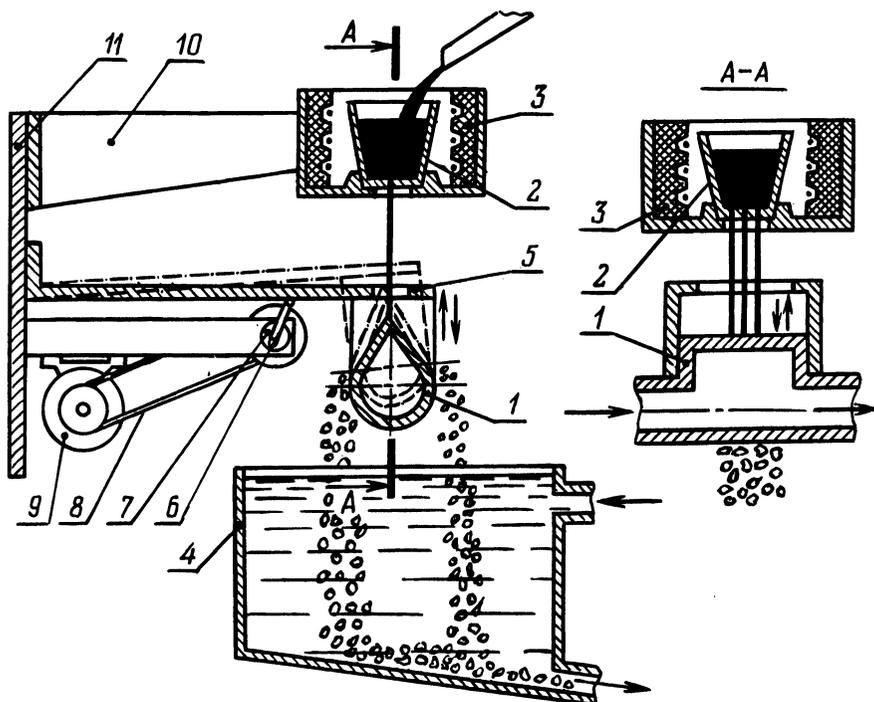


Рис. 1. Установка для получения гранул.

собой полый элемент, охлаждаемый изнутри водой. Клин 1 жест-  
ко закреплен на консольной пластине 5, вибрация которой сооб-  
щается через шатун 6 от кривошипа 7, приводимого в движение  
с помощью ременной передачи 8 от электродвигателя 9. Регу-  
лировка частоты вибрации клина 1 осуществляется ступенчато  
(20, 25 и 30 Гц) набором сменных шкивов, а его амплитуда в  
пределах 0–3 мм изменением эксцентриситета кривошипа 7.  
Отверстия в дне рабочего тигля 2 расположены в одной плоско-  
сти с вершиной вибрирующего клина. Приемный бак 4 выполнен  
с наклонным дном, что упрощает удаление гранул за пределы  
установки циркулирующей охлаждающей жидкостью. Кронштейн  
10, с установленной на нем электропечью 3, пластина 5 и криво-  
вошипно-шатунный механизм с электродвигателем 9 закреплены

на сварной раме 11. Штрихпунктирной линией показано крайнее верхнее положение клина 1.

После настройки необходимой частоты и амплитуды вибрации включают электропечь, прогревают тигель до необходимой температуры и при помощи электродвигателя приводят в движение клин. Затем в нагретый тигель подают металлический расплав, который, проходя через отверстия в его донной части, непрерывными струями падает на вибрирующий элемент. При соударении с вершиной клина струи разделяются надвое. Скатываясь по образующим водоохлаждаемого клина, они дробятся на отдельные капли. За счет градиента температур по объему капли, вследствие интенсивного теплоотвода, расплав резко изменяет свои физические свойства – увеличиваются вязкость и поверхностное натяжение. Последнее способствует сфероидизации частиц. Вибрация клина не оказывает значительного влияния на формообразование капли жидкого металла, а способствует лишь более интенсивному дроблению струи расплава. С помощью описанной установки были получены частицы сферической формы.

Размер гранул при каждой отливке находился в пределах 2–7 мм и зависел исключительно от диаметра отверстий в дне рабочего тигля. Например, максимальный выход фракции  $-5 +3$  мм имел место при диаметре отверстий 2,0 мм. При большем диаметре отверстий большими получались и размеры гранул, но в этом случае возрастала степень их разброса по фракциям.

Последующая горячая обработка гранул давлением производилась в валках прокатного стана. Во избежание окисления поверхности частиц быстрорежущей стали их помещали в оболочку в виде плоского ящика, которую после вакуумирования до  $3,99 - 6,65$  Па ( $3 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$  мм рт. ст.) при температуре  $1090^{\circ}\text{C}$  герметизировали. Затем контейнер с содержимым нагревали до температуры  $1240^{\circ}\text{C}$  с последующей кратковременной выдержкой в течение 5 мин при этой температуре во избежание роста зерна и прокатывали в валках. С целью исключения подстуживания контейнера с сыпучим материалом и сохранения высоких пластических свойств уплотняемых частиц прокатку проводили с большими степенями обжатия за один проход, особенно за первый. Последующие обжатия контейнера производили при температуре  $1100^{\circ}\text{C}$ . Ввиду кратковременности нагрева спекание гранул в контейнере не происходило и поэтому при обжатии в валках имело место их интенсивное отеснение в направлении, противоположном прокатке. Это приводило к разрыву оболочки и, как следствие, к интенсивному окислению самих частиц. Для исключения разрыва оболочки горячую прокатку гранул в вакууми-

рованном контейнере осуществляли в устройстве, представленном на рис. 2 [9]. Устройство обеспечивает всестороннее обжатие контейнера в процессе прокатки и включает прокатные валки 1 с односторонними боковыми ребрами, контейнер 2 с гранулированным материалом, направляющий желоб 3 коробчатого сечения и гидросиловую установку 4 с толкателем 5. Направляющий желоб состоит из верхней и нижней плит и двух боковых

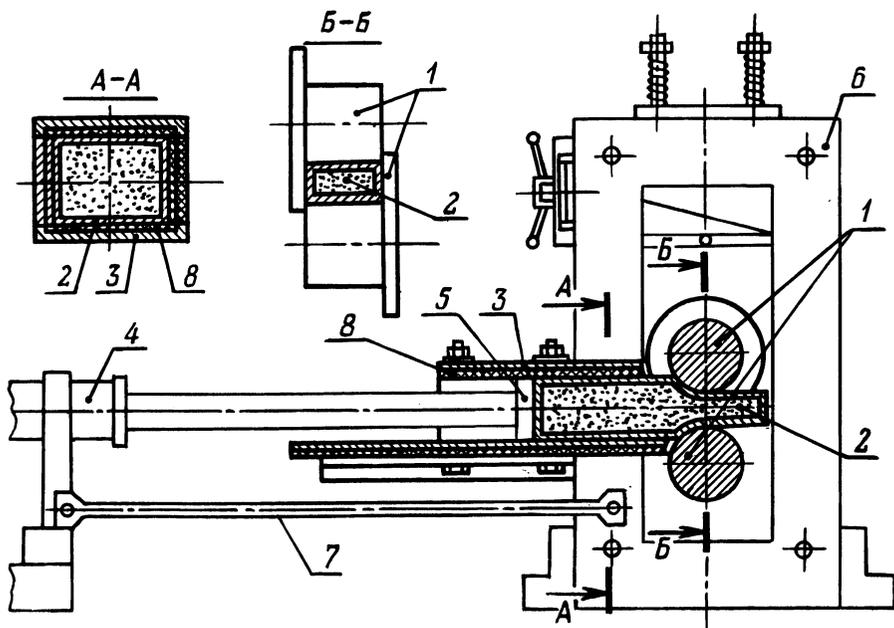


Рис. 2. Устройство для прокатки гранул с задним подпором.

планок, которые жестко закреплены на нижней плите. На внутренних поверхностях плит и планок установлены графитовые пластины 8 с целью уменьшения коэффициента внешнего трения контейнера о стенки желоба и теплоотдачи. Поперечное сечение полости внутри желоба 3 равно поперечному сечению контейнера 2. Собранный направляющий желоб 3 жестко прикреплен к рабочей клетке 6. Гидросиловая установка 4 обеспечивает перемещение контейнера 2 с гранулированным материалом в валки с последующим задним подпором интенсивностью, равной 0,2. Она смонтирована на фундаменте. Во избежание опрокидывания при передаче усилия на контейнер установка жестко прикреплена к рабочей клетке 6 тягами 7. На штоке гидросиловой установки смонтирован толкатель 5, который запирает контейнер 2 в направляющем желобе 3.

Контейнер с гранулированным материалом укладывали на нижнюю плиту направляющего желоба. Приводили в движение шток гидросиловой установки и при помощи толкателя подавали контейнер в валки, осуществляя предварительный его подпор. Затем сообщали вращение прокатным валкам и осуществляли обжатие. Подпор контейнера постоянным усилием производили на протяжении всего процесса прокатки.

С помощью описанного устройства были получены полосы быстрорежущей стали толщиной 9–16 мм. После термической обработки, характерной для компактной быстрорежущей стали Р6М5, были изготовлены образцы. Испытание образцов проводили на машине Instron 1195, а определение износостойкости – по методике, указанной в работе [10].

По результатам испытаний установлено, что предел прочности  $\sigma_B = 1097,6-1117,2$  МН/м<sup>2</sup> (112–114 кг/мм<sup>2</sup>), твердость HRC 62–63,5, а износостойкость  $I = 1,08$  кг/м<sup>2</sup> (1,08 мг/мм<sup>2</sup>). Для стандартной стали эти величины соответственно равны  $\sigma_B = 1078,1-1117,2$  МН/м<sup>2</sup> (110–114 кг/мм<sup>2</sup>), HRC 62–63,5 и  $I = 1,19$  кг/м<sup>2</sup> (1,19 мг/мм<sup>2</sup>).

#### Л и т е р а т у р а

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Metallurgy, 1975. – 584 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Metallurgy, 1978. – 646 с.
3. Hellman P. The ASEA-STORA Process Iron and Steel, Special Issue, 1970, p. 49–52.
4. Dunkley I.I. P/M Development at Davy International. – Metal Powder Report, t 30, 1975, N 1, p. 2–6.
5. Галкин А.А. Горячая гидроэкструзия порошков быстрорежущих сталей. – В сб.: Теория и практика прессования порошков. Киев, 1975, с. 135–138.
6. Раковский В.С. Сталь, 1948, № 12, с. 1119–1124.
7. Манукян Н.В. Технология получения быстрорежущей стали из стружки и ее свойства. – Порошковая металлургия, 1980, № 4, с. 35–40.
8. А. с. 703235 (СССР). Устройство для получения гранул из тугоплавких металлов / А.В. Степаненко, Л.А. Исаевич и К.Д. Миронов. – Оpubл. в Б. И., 1979, № 46.
9. А. с. 668773 (СССР). Устройство для прокатки порошка / А.В. Степаненко, Л.А. Исаевич и К.Д. Миронов. – Оpubл. в Б. И., 1979, № 23.
10. Бельский Е.И., Пиколо В.М. К методике прецизионных испытаний на износ диффузионно-упрочненных сталей. – В сб.: Металлургия, Минск: БПИ, вып. 4, 1973, с. 184–186.