

*Капаров С.А., Жолдошов Б.М.*

## ТЕЗ КЕСҮҮЧҮ БОЛОТТОРДУН КУРАЛДАРЫНЫН АЙЫРМАЛООЧУ КАСИЕТТЕРИ

*Капаров С.А., Жолдошов Б.М.*

## ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

*S. Kaparov, B. Zholdoshov*

## DISTINCTIVE PROPERTIES OF HIGH-SPEED STEEL TOOLS

УДК: 669.14.018; 620.17.

Жогорку ылдамдыктагы болоттон жасалган инструменттердин катуулангышы анын эксплуатациядагы бышыктыгын кандайдыр бир деңгээлде аныктайт. Аустенит данынын катуулугу жана өлчөмү дайыма эле катуулануунун сапаты жөнүндө жетиштүү толук маалымат бере бербейт, алар кошулмача кызыл катуулукту аныктайт, ал кийинки ысытуу учурунда катуулуктун индексинин төмөндөшүнө каршы структуранын туруктуулугун мүнөздөйт. Биздин илимий ишибиздин максаты кызыл катуулуктун касиетин аныктоо убактысын кыскартуу, ошондой эле P18 жана P6M3 жогорку ылдамдыктагы болоттордун муздак катуулугунун өзгөрүшүнө катуулангандан кийин кыскараак ысытуунун таасирин изилдеген. Кошулмача ысытуунун 1200дөн 1300 °Cге чейин катуулануудагы температуранын жогорулашы режимине карабастан, жөнөдөмдүүлүктүн үзгүлтүксүз өсүшүнө алып келет - катуу эритменин эритмесин жогорулатуунун эсебинен кызыл катуулукту. 20 мүнөт 675 °C температурада кошулмача жылытуу аяктагандан кийин, катуулугу жетиштүү P18 катууланган жогорку ылдамдыктагы болоттун кызыл катуулугун мүнөздөйт. Изилденген болоттор баитапкы структурага, химиялык составга жана өчүрүү температурасына байланыштуу катуу эритменин легирлөө даражасы өзгөргөн ырааттуулукта кызыл катуулугун жогорулатуу тартибинде жайгаштырылат. Жогорку ылдамдыктагы болоттордун кызыл катуулугун 675°C температурада 20 же 30 мүнөт катуулангандан кийин дароо ысыткандан кийин сакталган катуулуктун мааниси менен баалоого болот.

**Негизги сөздөр:** тез кесүүчү болоттор, кызаруусу, катуулугу, кошулмача ысытуу, кармоо, катуулануу, туруктуулук, абал.

Закалка изготовленных инструментов из быстрорежущей стали в какой-то степени определяет стойкость его в эксплуатации. Твердость и величина аустенитного зерна не всегда не дают достаточно полного представления о качестве закалки, дополнительно определяют красностойкость, характеризующую устойчивость структуры против снижения показателя твердости при последующем нагреве. Цель нашей научной работы заключалась в уменьшении времени определения свойства красностойкость, а также исследованы влияние более короткого нагрева после закалки на изменение твердости в холодном состоянии быстрорежущих сталей P18 и P6M3. Температурное повышение закалки от 1200 до 1300 °C дополнительного нагрева независимо от режима приводит к непрерывному увеличению способности красностойкости из-за повышения легированности твердого раствора. После окончания дополнительного нагрева при температуре 675 °C 20 мин твердость достаточно характеризует красностойкость закаленной быстрорежущей стали P18. Исследованные стали располагаются по возрастанию красностойкости в той же последовательности, в которой степень легированности твердого раствора изменяется, обусловленная исходной структурой, химическим составом и температурой за-

калки. Красностойкость у быстрорежущих сталей можно оценивать по значению твердости, сохраняемой после дополнительного нагрева при температуре 675 °C 20 или 30 мин непосредственно после закалки.

**Ключевые слова:** быстрорежущие стали, красностойкость, твердость, дополнительный нагрев, выдержка, закалка, стойкость, состояние.

The hardening of the tools made of high-speed steel to some extent determines its durability in operation. The hardness and size of the austenite grain do not always give a sufficiently complete picture of the quality of hardening; they additionally determine the red hardness, which characterizes the stability of the structure against a decrease in the hardness index during subsequent heating. The purpose of our scientific work was to reduce the time for determining the property of red hardness, and also investigated the effect of shorter heating after hardening on the change in cold hardness of high-speed steels R18 and R6M3. The temperature increase in hardening from 1200 to 1300 °C of additional heating, regardless of the mode, leads to a continuous increase in the ability - red hardness due to an increase in the alloying of the solid solution. After the completion of additional heating at a temperature of 675 °C for 20 min, the hardness sufficiently characterizes the red hardness of the hardened high-speed steel R18. The studied steels are arranged in order of increasing red hardness in the same sequence in which the degree of alloying of the solid solution changes, due to the initial structure, chemical composition, and quenching temperature. The red hardness of high-speed steels can be assessed by the hardness value retained after additional heating at a temperature of 675 °C for 20 or 30 minutes immediately after hardening.

**Key words:** high-speed steels, redness, hardness, additional heating, holding, hardening, durability, condition.

В значительной степени закалка изготовленных инструментов из быстрорежущей стали определяет стойкость его в эксплуатации. Не всегда твердость и величина аустенитного зерна не дают достаточно полного представления о качестве закалки, дополнительно определяют красностойкость, характеризующую устойчивость структуры против снижения показателя твердости при последующем нагреве.

Используемые методы определения красностойкости не позволяют так быстро получать экспериментальные результаты и применять их для корректировки режимов закалки в процессе ее выполнения.

Способность быстрорежущих сталей красностойкость характеризуется температурой нагрева в течение 4 часов, снижающего уровень твердости в холодном состоянии до HRC 58.

В научном исследовании [1] красностойкость быстрорежущей стали определяли способом допол-

нительного нагрева 4 ч неотпущенной стали, что сокращало времени выявления красностойкости.

Цель нашего исследования заключалась в уменьшении времени определения свойства красностойкости, а также исследованы влияние более короткого нагрева после закалки на изменение твердости в холодном состоянии быстрорежущих сталей P18 и P6M3.

Для ведения учета влияния особенностей металлургического производства отобраны по три - четыре плавки каждой стали, чтобы получить различные данные красностойкости, образцы закаливали через каждый 20 °C в интервале температур 1150-1310 °C с выдержками по методике представленной в [2]. Дополнительный температурный нагрев не превышало 800 °C, чтобы при исследованиях не переходить точку  $A_{c1}$ .

Научные основы форсированного охлаждения на распад аустенита в легированных сталях и особенности отжига поковок из быстрорежущих сталей P6M5 и P6M5K5 были рассмотрены в [3,4].

Образцы из быстрорежущей стали P18, закаленные от 1280 °C с определенными выдержками, подвержены дополнительному нагреву при 600-800°C через каждый 20 мин с выдержками от 2 до 60 мин, затем охлаждали в масле и измерены твердости образцов.

Экспериментальные полученные данные показывают (рис. 1), что дополнительный нагрев до 640 °C и выше при увеличении выдержки от 2 до 60 мин ведет к непрерывному снижению твердости. При температуре закалки 1280 °C при четырехчасовом отпуске при 620 °C твердость снижается до HRC 57.

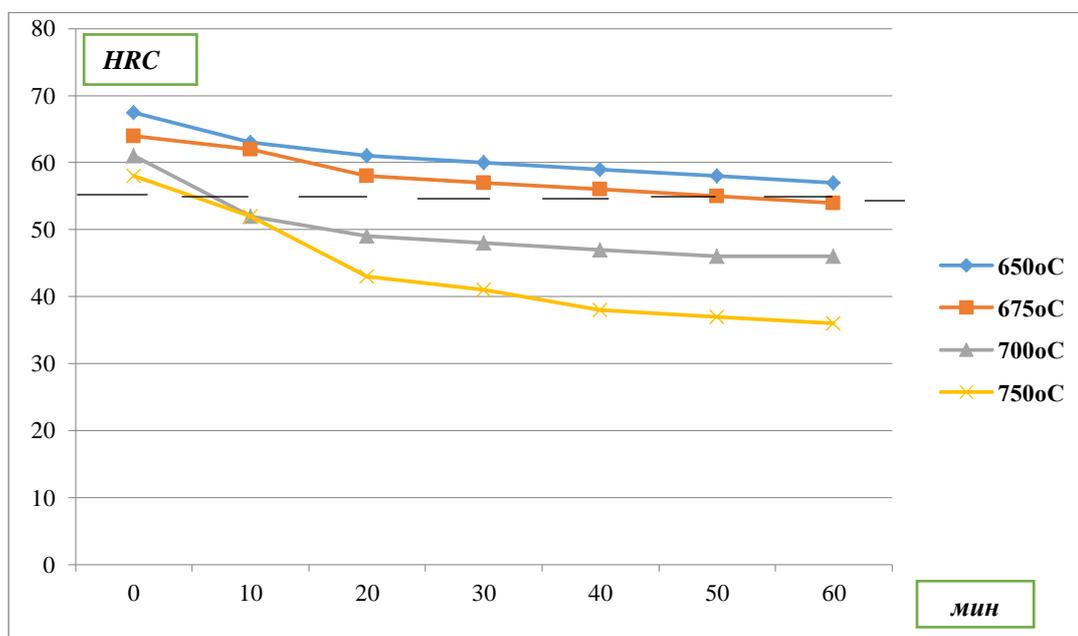


Рис. 1. Зависимость твердости стали P18 от температуры дополнительного нагрева и продолжительности выдержки (температура закалки 1275 °C): штриховая линия – красностойкость HRC 58 по ГОСТ 19465-83.

Нагрев при 675 °C, времени выдержки 30 мин снижает твердость и приводит тем же результатам, как и при определении красностойкости по ГОСТу 19465-83. По другому 30 минутный отпуск при температуре 675 °C по сути аналогичен четырехчасовому отпуску при 620°C как это регламентировано ГОСТом. Образцы из быстрорежущей стали P18, закаленные при равных условиях имели приблизительно одинаковой твердостью после дополнительных нагревов при температуре 675°C 20 мин и при 620°C 4 ч выдержки. Температурное повышение закалки от 1200 до 1300°C дополнительного нагрева независимо от режима приводит к непрерывному увеличению

способности - красностойкости из-за повышения легированности твердого раствора. После окончания дополнительного нагрева при температуре 675 °C 20 мин твердость достаточно характеризует красностойкость закаленной быстрорежущей стали P18. Указанный показатель обозначен условно как  $Kp^{675}_{20}$  и будет использоваться в дальнейших экспериментах возможным критерием оценки красностойкости других сплавов быстрорежущих сталей. Повышение температуры дополнительного нагрева стали P18 согласно рисунку 1, до 700, 750 и 800 °C сопровождается резким понижением твердости, которая после нагрева 30 мин составляет HRC 48,40 и 37.

Образцы из быстрорежущей стали Р6М3 через каждые 25 мин закаливали от 1150-1280 °С, после чего их подвергали дополнительному нагреву при 675 °С 10,20,30 и 40 мин, для определения красностойкости.

Кривая изменения твердости стали Р6М3 при дополнительном нагреве до 675 °С по своему характеру аналогичен кривым на рис.1 и 2 стали Р18, но абсолютные значения указанной стали более низкие.

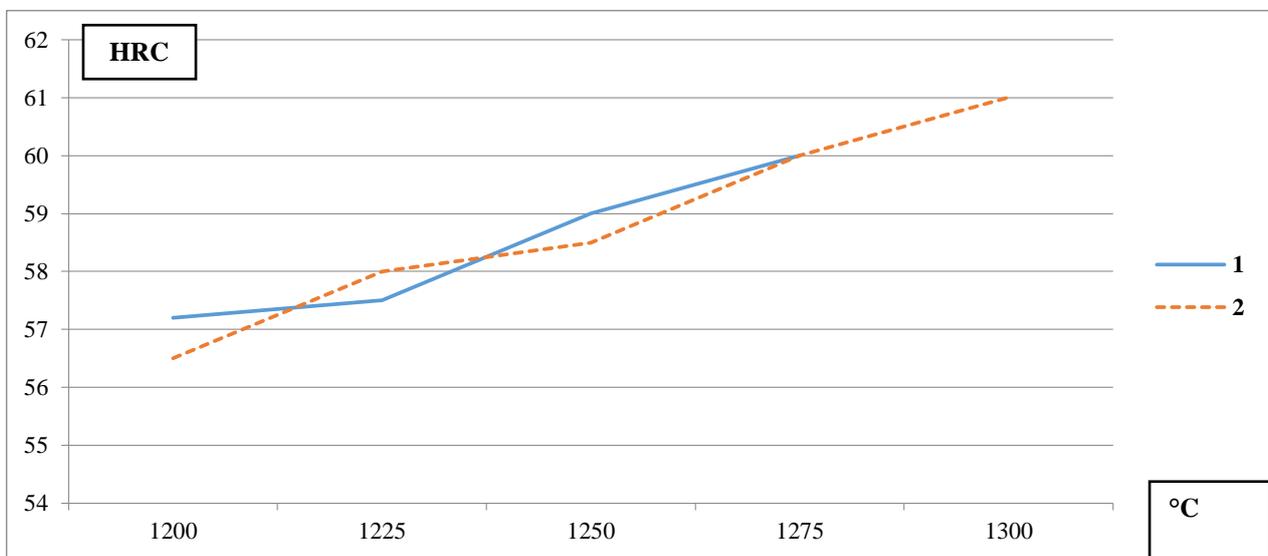


Рис. 2. Зависимость твердости быстрорежущей стали Р18 от температуры закалки: линия 1-дополнительный нагрев при 620 °С 4ч; линия 2- при 675 °С 20 мин.

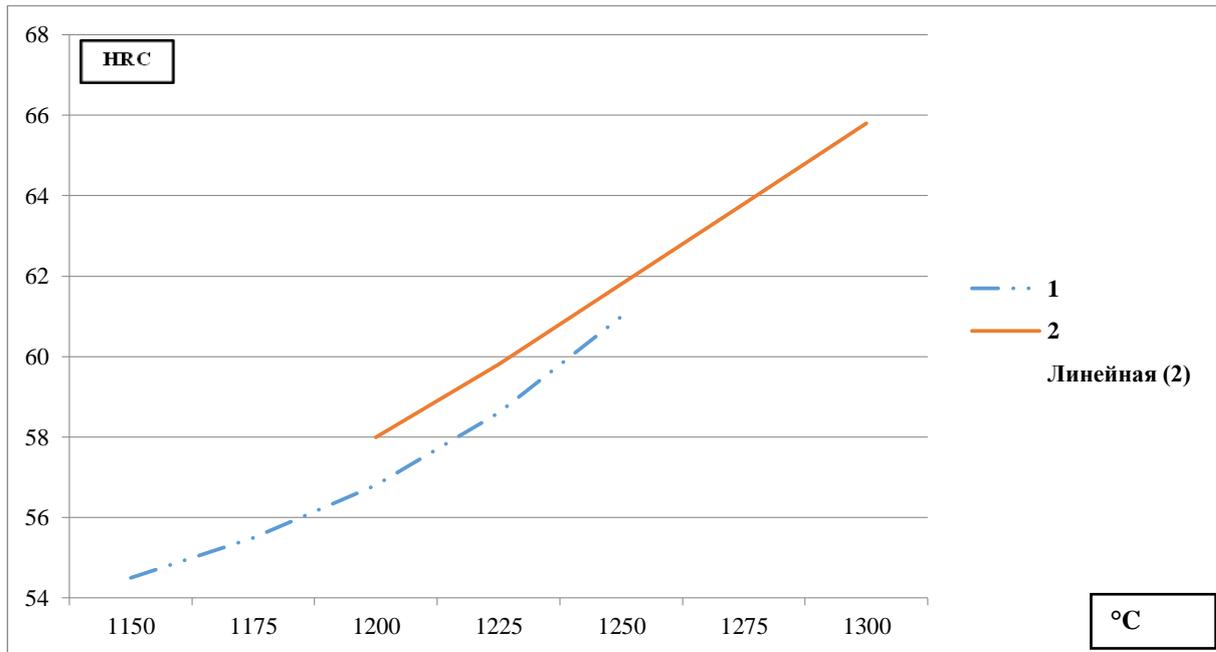
Интересные данные представлены в таблице и рисунке 3. Сталь Р6М3 (3% Мо; 3,41% Сг) после дополнительного нагрева при температуре 675 °С имеет низкую твердость по сравнению стали Р18, а в стали Р6М5 с 4,3% Сг твердость выше [3].

Таблица

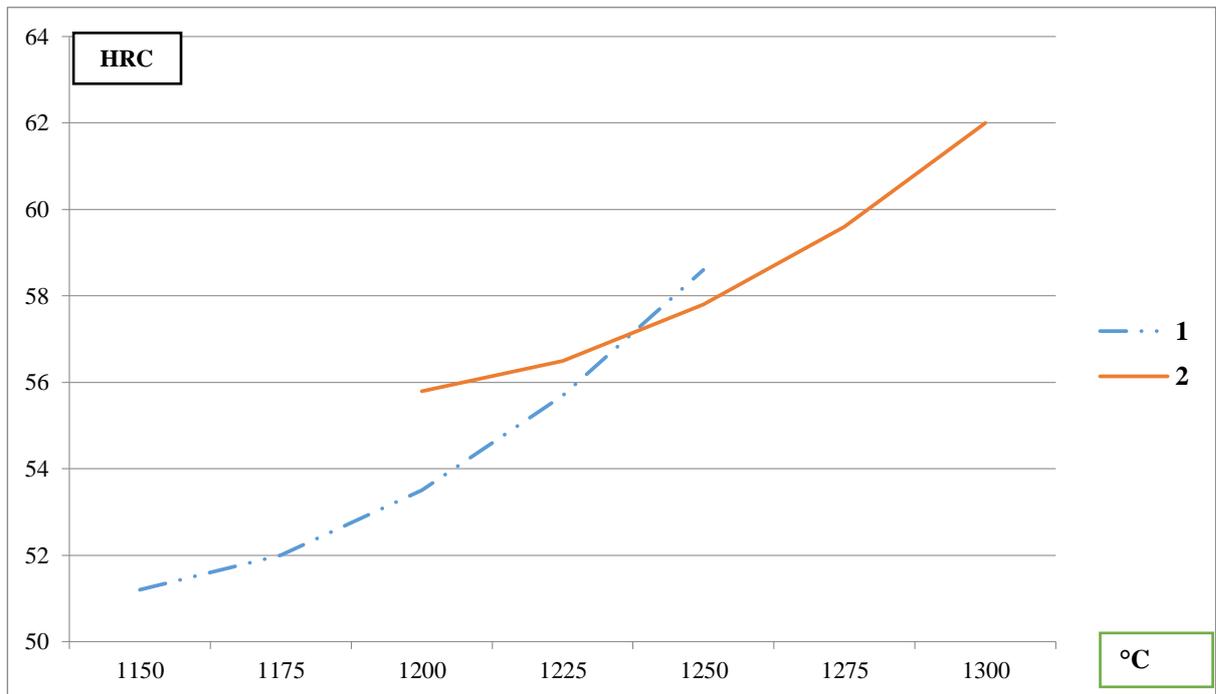
Сталь	Диаметр прутков, мм	Температура закалки, °С	Средняя твердость HRC после дополнительного нагрева при 675 °С	
			20 мин	30 мин
Р6М3	12	1200-1220	56-57	53-55
	8		57,5-59,0	55-57
Р18	15	1280	60	57
	25		59,5-60,5	59-59,5

На практике же самую высокую твердость имеют сложнелегированные быстрорежущие стали, содержащие 5-8% Со наряду с высоким содержанием ванадия, а также быстрорежущие стали дополнительно легированные кремнием. Следовательно, имеются прямые отношения между уровнем легированности

твердого раствора исследованных сталей и твердостью их после дополнительного нагрева при 675 °С, и тут нужно отметить, что для сталей Р6М3 и Р18 (см. таблицу) увеличение выдержки при 675 °С с 20 до 30 мин сопровождалось понижением твердости в среднем на HRC 2.



а) выдержка 20 мин, линия 1 – P6M3; линия 2 – P18.



б) выдержка 30 мин.

**Рис. 3.** Зависимость твердости стали P6M3 от температуры дополнительного нагрева при 675 °C от температуры закалки: линия 1 – P6M3; линия 2 – P18.

Для стали Р6М3 видно из рисунка 3, что повышение температуры закалки от 1150 до 1250 °С после дополнительного нагрева при 675 °С сопровождается непрерывным повышением твердости в среднем на *HRC* 3-4, поскольку при этом повышается и суммарная легированность твердого раствора. Вышеуказанные предположения свидетельствуют о значениях по твердости после нагрева при 675 °С образцов из прутков разных диаметров (таблица), которая несколько ниже для образцов крупных размеров с более высокой карбидной неоднородностью.

Дополнительный нагрев при 675 °С 20 или 30 мин, таким образом, позволяет оценить красностойкость быстрорежущих сталей критериями  $Kr^{675}_{20}$  и  $Kr^{675}_{30}$  соответственно, что численно равно критерию  $Kr^{675}_4$  (нагрев 620 °С и выдержка 4 ч).

Критерий  $Kr^{675}_{20}$  в этом случае можно рассматривать как универсальный, а также он может быть использован для оценки красностойкости любых быстрорежущих сталей. Критерию красностойкости стали, закаленной по принятому режиму считается достаточной, когда твердость после дополнительного нагрева при 675 °С 20 мин будет не ниже значений для сталей Р6М3 и Р18 не менее *HRC* 58.

В последнее время все более широкое применение получает в промышленности [4] высокоступенчатая закалка быстрорежущих сталей. Выполняется она с охлаждением в соляных ваннах при 580-680 °С, что позволяет применять эти же ванны для определения красностойкости при 675 °С 20 или 30 мин непо-

средственно в процессе закалки для дополнительной оценки ее качества.

#### Выводы:

- располагаются по возрастанию красностойкости исследованные стали в той же последовательности, в которой степень легированности твердого раствора изменяется, обусловленная исходной структурой, химическим составом и температурой закалки;

- у быстрорежущих сталей красностойкость можно оценивать по значению твердости, сохраняемой после дополнительного нагрева при температуре 675 °С 20 или 30 мин непосредственно после закалки – критериями  $Kr^{675}_{20}$  и  $Kr^{675}_{30}$ , которые дают численно равные значения, что и критерий  $Kr^{675}_4$ , но требуют для определения меньше времени.

#### Литература:

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. - М.: Металлургия, 1988. - С.63.
2. Смольников Е.А. Как рассчитать время нагрева при закалке. – МиТОМ, 1990.- №12. - С. 53-65.
3. Жолдошов Б.М., Муратов В.С., Кенис М.С. Особенности форсированного охлаждения на распад аустенита в легированных сталях. «Заготовительные производства в машиностроении», №7. - М., 2010. - С. 45-47.
4. Жолдошов Б.М., Муратов В.С., Морозова Е.А. Отжиг поковок из быстрорежущих сталей Р6М5 и Р6М5К5. Международный журнал экспериментального образования. - М.: № 9, 2011, РАЕ. - С. 101-103.
5. Маматкадырова Б.М., Жолдошов Б.М., Капаров С.Н Фазовое превращение в быстрорежущей стали Р6М5. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2020. №. 12. С. 17-20.