

Жолдошов Е.М., Муратов В.С., Кенис М.С.

**ОТРАБОТКА ЭНЕРГОЭКОНОМНОГО РЕЖИМА ОТЖИГА
ПОКОВОК ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ
СХЕМ КОВКИ**

E.M. Zholdoshev, V.S. Muratov, M.S. Kenis

**DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT ANNEALING MODE OF FORGING
HIGH-SPEED STEEL AND R AND ITS TYPES AFTER VARIOUS
SCHEMES FORGING**

УДК: 669.14.018.3; 620.17

Впервые разработан и предложен энергоэкономный режим отжига поковок из сталей Р6М5 и Р6М5К5, которые осуществляются непосредственно в двухкамерной печи на участке ковки. При этом отпадает необходимость использования дополнительных печей для отжига быстрорежущих сталей.

Ключевые слова: *быстрорежущая сталь, ковка, штамповка, отжиг, структура.*

First developed and introduced energy-saving mode annealing of forgings of steels R6M5 and R6M5K5, which are implemented directly in the two-chamber kiln in the area of forging. This eliminates the need for additional kilns for annealing high-speed steels.

Key words: *high-speed steel, forging, stamping, annealing, structure.*

Исходные заготовки обычно вырезаются из катаных прутков, которые предварительно поставляются в отожженном виде. Однако были случаи, когда дляковки поставлялись нормализованные мерные заготовки после рубки при высоких температурах. Эти мерные заготовки нередко имели закаленную структуру (рис.1а), которая не могла быть без предварительнойковки разрезана на заготовки нужного размера.

По границам зерен (см.рис.1а), видны скелетообразные карбиды типа Fe_2W_4C , что свидетельствует о чрезмерном перегреве и оплавлении вдоль границ зерен. Исправление такого дефекта путем однократного или циклического отжига не возможно.

На рис.1,б приведена структура предварительно перегретого прутка, подвергнутого циклическому отжигу (четырёхкратному нагреву-охлаждению при $950 \leftrightarrow 700^\circ C$ с выдержкой при $700^\circ C$ - 5ч, а при $950^\circ C$ - 30 мин). Последнее охлаждение" на воздухе. Из рис.1,б видно дробления зерен при термоциклической обработке не происходит. Разрушение карбидного каркаса возможно только при ковке.

В наших экспериментах ковке подвергались заготовки как отожженные предварительно по режиму нагрев до $T=870^\circ C$, выдержка 3ч охлаждение с печью до $T=100^\circ C$ в течение 14ч, так и заготовки с представленной на рис.1,а структурой.

На ВАЗе для нагрева под свободную ковку или штамповку заготовок из быстрорежущих сталей используют обычно двухкамерные печи.

В первой камере осуществляют предварительно нагрев до температур $850-870^\circ C$ близких к $A_1 = 810-850^\circ C$, где в ней заготовки плавно переходят критическую точку A_1 .

Во второй камере производят окончательный нагрев перед пластической деформацией. Температура нагрева составляет $1050-1150^\circ C$. В этой камере происходит растворение избыточных фаз (за исключением скелетообразных карбидов) и получение однородной аустенитной структуры перед ковкой.

В процессековки-штамповки зернограничные карбиды разрушаются, и происходит «перепутывание» зерен и устранение прежних границ. После пластической деформации поковки остывают в контейнере в течении 3-5 часов до температур порядка примерно до $300-100^\circ C$.

В результате охлаждения в контейнере поковок с различной скоростью получаются весьма различные структуры, отличающиеся содержанием перлита, бейнита и мартенсита.

Очевидно, что такие поковки использовать для механической обработки невозможно, из-за высокой твердости, которая меняется как в пределах одной поковки при переходе от одной поковки к другой.

В самом деле, длительность пребывания в контейнере поковок может отличаться друг от друга на несколько часов: одни остывают вблизи стенки контейнера, на дне или, в глубине контейнера, окруженные горячими поковками или на поверхности. Соответственно, степень распада аустенита на перлит будет разной.

Чтобы устранить выше указанную разноструктурность и улучшить обрабатываемость, поковки подвергают к отжигу для получения перлитной структуры.

Отжиг ранее осуществлялся двумя путями: путем нагрева в газовой однокамерной печи до $T=850-870^\circ C$, выдержка 2-3 часа, и с последующим охлаждением вместе с печью со скоростью $(15-17)^\circ C/4ac$ в течении 10 часов до $T=700^\circ C$ с последующим остыванием до примерно $(50-70)^\circ C$ при открытой дверце. Общая длительность отжига примерно (18-20) часов.

Нагрев в первой печи до $850-870^\circ C$ выдержка 2-3 часа, и перенос во вторую печь с температурой $720-750^\circ C$ выдержка примерно 8 часов, и выгрузка на воздух. Общая длительность

отжига (11-12) часов. Для изотермического распада аустенита распад осуществляется в течении 8-10 часов, после чего поковки выгружают на воздух.

Недостаток указанной технологии заключается в том что, различные составляющие структуры претерпевают $\alpha \rightarrow \gamma$ превращение с различной скоростью, и дают заметно отличающийся по своей легированности, аустенит, т.е. проявляются при $\alpha \rightarrow \gamma$ превращение эффекты структурной наследственности.

Поэтому, приходится увеличивать время выдержки при температуре аустенизации, перед изотермическим распадом аустенита.

Нами предпринята попытка разработки новой технологии отжига быстрорежущей стали, которая дает существенный экономический эффект и устранить необходимость использования дополнительных печей для проведения отжига.

Одновременно, нами было исследовано влияние схемыковки цилиндрических заготовок ($d=60$ мм, $l=120$ мм) на структуру и качество повок из сталей Р6М5 и Р6М5К5.

Вариантыковки представлены на рисунках (см рис.2, а-з). Подковкунагрев осуществлялся только в высокотемпературной камере двухкамерной печи, минуя первую камеру.

Схема 1, включала предварительную двухкратную осадку по 10% с каждой стороны с последующей окантовкой по боковой поверхности либо сохранением круглого сечения, либо с получением квадратного сечения. Окончательно поковки формировались в молотовом штампе (см.рис.2, а).

Схема 2, (см.рис.2,б) включала окантовку по образующей с последующей осадкой на 10% с каждой стороны, т.е. схема 2, отличалась от первой и второй очередностью операций.

Схема 3, (см. рис.2,в) повторяла схему 2, однако после первой осадки заготовка помещалась в ковочный штамп, без второй осадки, при этом она поворачивалась на 90°.

Схема 4, (см.рис.2,з) включала осадку поковки на 20%, после чего заготовка переворачивалась на 90°, и помещалась в ковочный штамп.

Выполненные исследования показали, что схема 2,а, рационально с точки зрения увеличения пластичности и получения более компактного и удачного расположения волокна по контуру поковки.

Сравнивая схемы 2,б и 2,в было установлено, что односторонние и однократные осадки заготовки перед штамповкой дают идентичные структуры. Однако схема 2,в более технологична (экономна).

Применение схемы 2,з без дополнительных окантовок нецелесообразно из-за некоторого уменьшения пластичности материала и возможности появления надрывов в районе облоя.

После выполнения указанных операций, детали отжигались по вариантам представленным на (см.рис.3, а-з).

Первый вариант (см.рис.3,о) одна часть деталей после температур концаковки подстуживались на воздухе примерно до температур 600°C и помещались в первую камеру двухкамерной печи, нагретой до температуры примерно 720- 750°C.

После завершения накопления в первой камере печи, поковки помещались в отдельную печь с температурой 850-870°C. Тем самым одна камера двухкамерной печи стала выполнять функции печи-накопителя.

После выдержки в отдельной печи с температурой 850-870°C поковки переносились в печь с температурой 720-750°C для изотермического распада. Перед закладкой в печь поковки подстуживались под вентилятором прерывисто (2-3 включения и выключения вентилятора по 1-3 минуты, с целью выравнивая температуры по объему заготовок в контейнере) до температуры порядка 500°C. После прогрева в печи до 730-750°C в течении 10-20 мин, давалась выдержка 2ч, и поковки выгружались на воздух.

Тем самым первая камера двухкамерной печи играет двоякую роль:

- с одной стороны – это накопитель, не позволяющий распасться аустениту на бейнит и мартенсит, т.е.она выполняет функцию печи предварительного подогрева перед переносом в печь с температурой 850-870°C для отжига. В результате резко сокращается время пребывания в печи при $T=850-870^\circ\text{C}$ с 4-5 часов до 1-1,5 часов;

- с другой стороны первая камера может выполнять также функцию печи для изотермического распада аустенита после выдержки при 850-870°C и подстуживания до 500°C.

Однако эту функцию она выполняет при условии завершения программыковки и возобленияковки не ранее, чем через 5 часов после первой партии.

При непрерывнойковке используется дополнительная печь для изотермического распада при 720-750°C в течении 2-3 часов. Таким образом, общая длительность отжига после завершенияковки составляет 4,5-5 часов вместо 18-20 часов.

Второй вариант отжига (см.рис.3,б) осуществлялся только в пределах участкаковки, т.е. в двухкамерной печи предназначенной дляковки. Нагрев подковку осуществляется в высокотемпературной печи с $T= 1050-1150^\circ\text{C}$, расположенной отдельно. В двухкамерной печи, одна камера поддерживалась 730-750°C, а другая камера при температуре 850-870°C. Послековки поковки остывали в термостате с температурой порядка 500-550°C, затем после накопления они помещались в высокотемпературную камеру с температурой 850-870°C, где выдерживались 2-3ч.

Для изотермического распада поковки переносились в низкотемпературную камеру с температурой 730 - 750° С, предварительно подстудив их под вентилятором до температур 500°С, время выдержки в низкотемпературной печи 2 ч.

Третий вариант отжига (см рис.3,в) - одна часть деталей после температур концаковки охлаждались на воздухе до температур примерно 600-700°С и помещались в термостат. Затем после накопления в термостате они помещались в отдельную печь с температурой 850-870°С, давалась выдержка 2-3 ч, после выдержки перед закладкой в печь с температурой 730-750°С, поковки подстуживались под вентилятором прерывисто до температуры порядка 500°С. После прогрева печи до 730-750°С, в течении 10-20-мин, давалась выдержка 7ч, и поковки выгружались на воздух.

Четвертый вариант отжига (см рис.3,г)- осуществлялся только в пределах участкаковки, т.е. в двухкамерной печи предназначенной дляковки. В двухкамерной печи, одна камера поддерживалась 730-750°С, а другая камера при температуре 850-870°С. Послековки поковки остывали в печи-накопителя с температурой до 700-800°С, затем после накопления, они помещались высокотемпературную камеру с температурой 850-870°С, где выдерживались 1ч. Для изотермического распада поковки переносились в низкотемпературную камеру с температурой 730-750°С, предварительно подстудив их под вентилятором до температур 500°С, давалась выдержка 2ч, и поковки выгружались на воздух.

Схемы (см.рис.3,б,г) полностью исключают необходимость использования отдельной печи для отжига.

Что касается режимов отжига поволоков, то, как по режиму 3,а, так и по режиму 3,б получена одинаковая структура перлит + карбид (дисперсный перлит + карбид) (см рис.1,в). При этом мы видим, что благодаря подстуживанию перед изотермическим распадом, выдержка в низкотемпературной печи 2-2,5 ч, является вполне достаточным для получения перлитной структуры. Твердость быстрорежущих сталей по

обоим вариантам отжига была практически одинаковой и составляла 200-220НВ для Р6М5 и 220-240НВ для Р6М5К5.

Из изложенного очевидно, что более целесообразным является режим 3,б,г который отличается малой длительностью, и не требует дополнительных печей для реализации отжига.

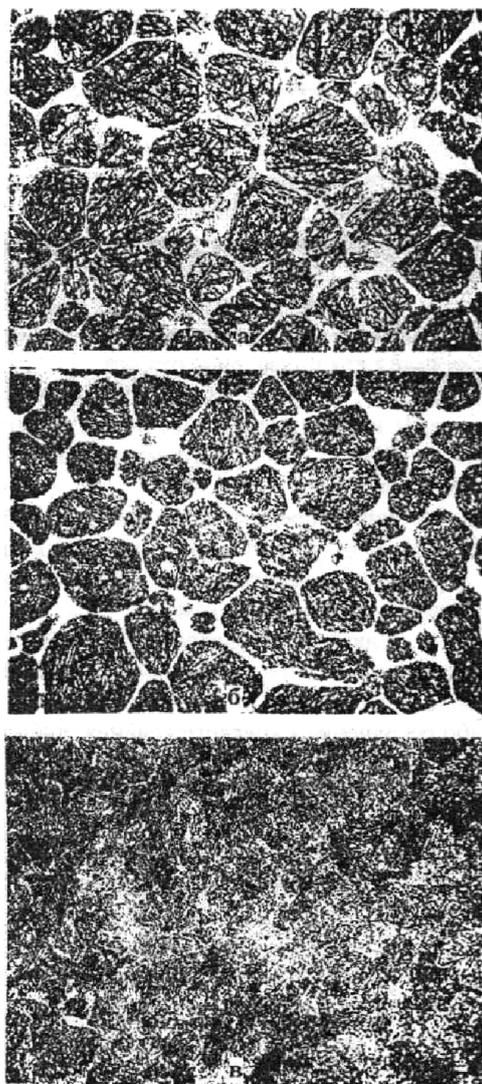


Рис. 1. Микроструктура быстрорежущей стали Р6М5:

а-структура закаленных прутков; б-структура циклически отожженного прутка после предварительной закалки с перегревом; в-структура послековки и отжига по предлагаемому форсированному режиму.

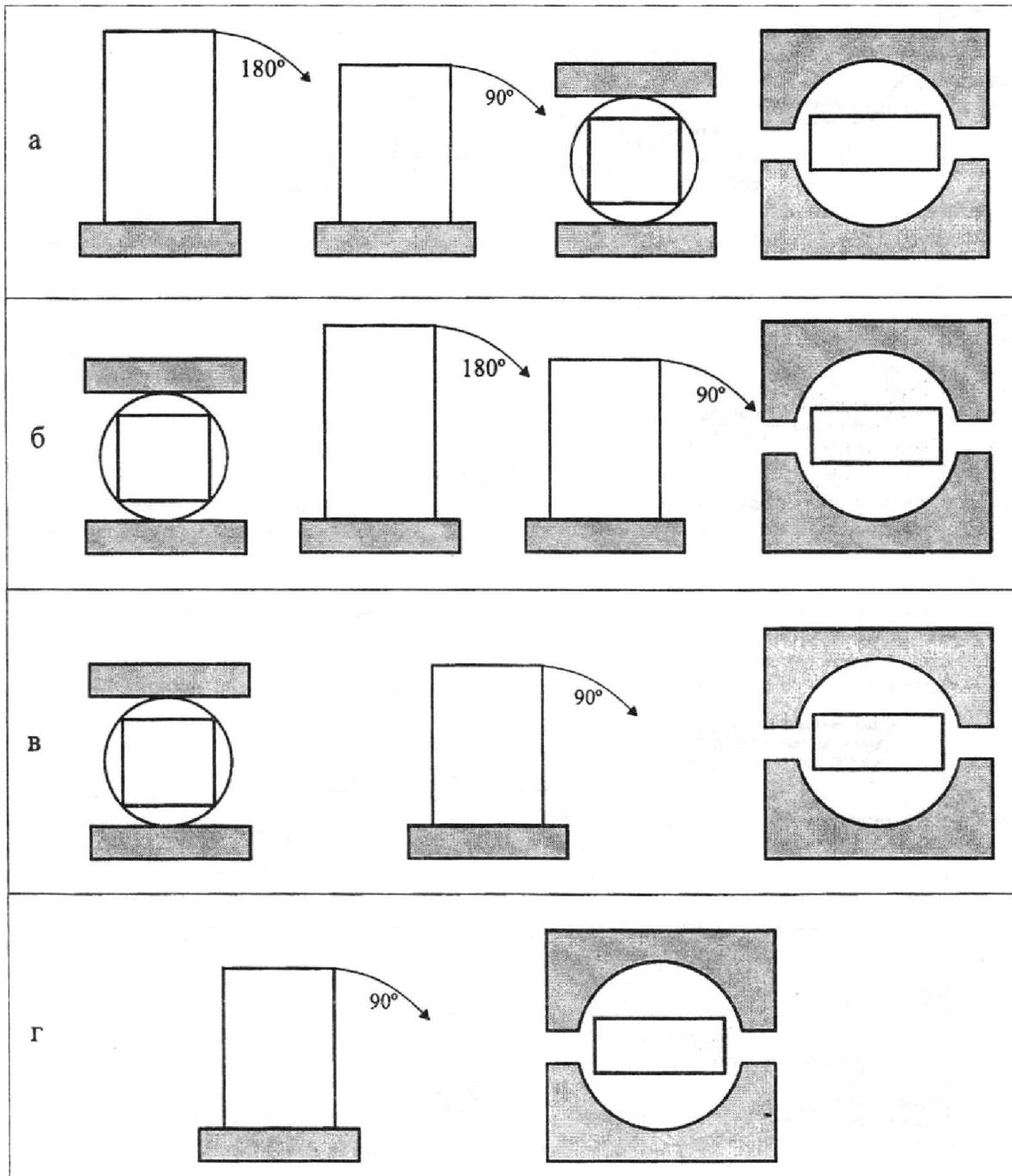
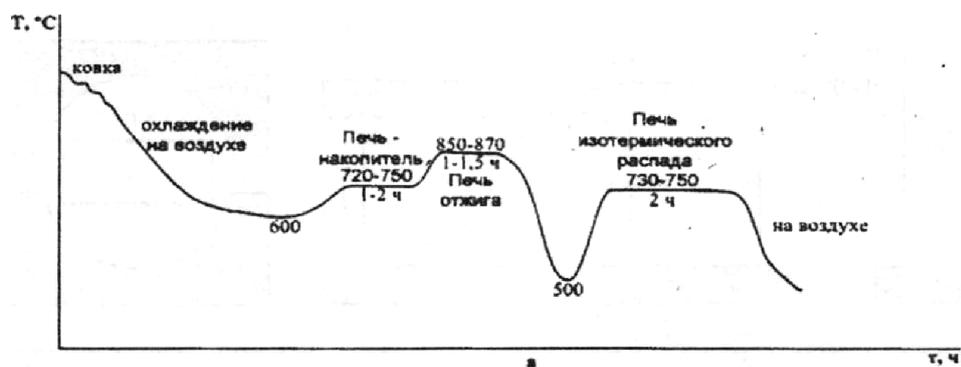


Рис. 2. Вариантыковки (а-г)-штамповки.



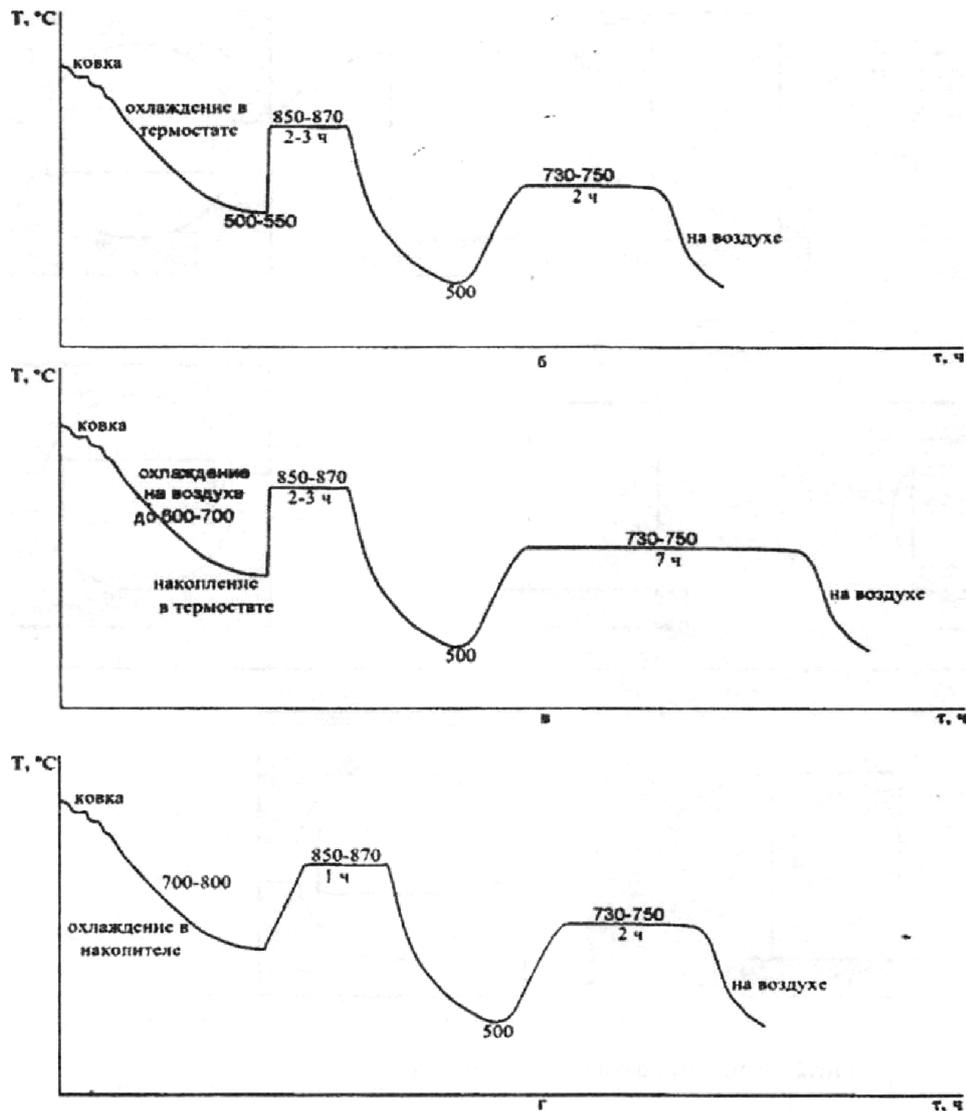


Рис. 3. Варианты режимов отжига.

ВЫВОДЫ:

1. Разработана схема получения заготовок методом свободной ковки, которая гарантирует высокую плотность и однородность поковки.
2. Предложен энергоэкономный режим отжига поковок из сталей Р6М5 и Р6М5К5, которые осуществляются непосредственно в двухкамерной печи на участке ковки. При этом отпадает необходимость дополнительных печей для отжига быстрорежущих сталей. Длительность отжига сокращается в 3-4 раза.
3. Сокращение режима отжига по предложенной схеме 3.б,г благоприятно сказывается на стойкости сверл и метчиков (стойкость возрастает 1,2-1,4 раза).

Рецензент: д.тех.н., профессор Носов Н.В.