

УДК 621.7.011:669.14.018.252.3

САМООТЖИГ ПОКОВОК ИЗ СТАЛИ 45

*д.т.н., проф. В.К. Заблоцкий, *асп. В.И. Шимко

**инж. В.Е. Фельдман, **к.т.н. А.И. Шимко

Донбасская государственная машиностроительная академия**Новокраматорский машиностроительный завод*

Известные режимы отжига стали 45 включают нагрев до температуры выше $A_{C3} + 20...40$ °С, выдержку для получения гомогенного аустенита и последующее охлаждение с печью с регулируемой скоростью [1,2]. Для проведения такого отжига требуются энергозатраты с момента нагрева до момента завершения процесса отжига. Вместе с тем известно, что при охлаждении в процессе отжига идут превращения аустенита в перлит, которые в соответствии с законами термодинамики выделяют скрытую теплоту превращения [1]. Использование этого эффекта в промышленности ограничено и мало изучено. Лишь на некоторых металлургических заводах с этой целью поковки охлаждают в ямах, засыпанных теплоизоляционными материалами типа шлаков и золы [3]. Причиной является сложность технологии погружения повок и проката в ямы со шлаком или золой из-за низкой податливости последних. Более перспективным при указанной схеме является применение сыпучего графита в соответствии с патентом Украины [4]. Это обусловлено в первую очередь податливостью графита после погружения и извлечения из него изделий. Однако из литературы не известно использование сыпучего графита для снижения энергозатрат при отжиге.

Предполагали, что охлаждение в сыпучем графите благодаря его теплофизическим свойствам должно было выявить возможность использования внутренней энергии превращения для снижения энергозатрат при отжиге.

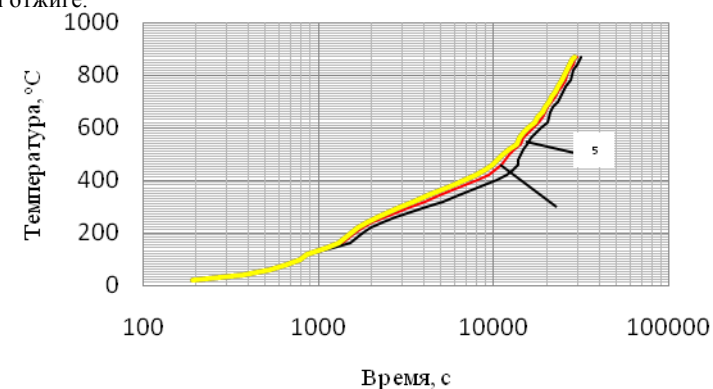


Рис. 1 Изменение температуры при на ^{1,2,3} образцов ⁴ из стали 45 диаметром 20 (1), 30 (2), 40 (3), 50 (4) и 60 мм (5).

Для этих целей проводили отжиг образцов из стали 45 (стандартного состава) послековки. Образцы имели диаметр 20, 30, 40, 50 и 60 мм и высоту 70 мм. С торцевой части образцов сверлили отверстия диаметром 5 мм и глубиной 20 мм, в которые вставляли хромель-алюмелевую термопару ХА, подключенную к графопостроителю НЗ07/1. Нагрев образцов производился по мощности электрической печи СШОЛ-1.1.6/12-МЗ-У4.2. Кривые нагрева для всех образцов приведены на рис. 1, из которого видно идентичность этих кривых, что указывает на достоверность полученных результатов.

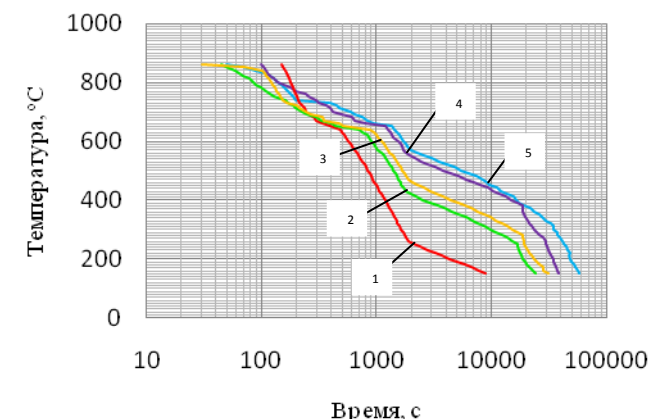


Рис. 2 Изменение температуры охлаждения образцов из стали 45 диаметром 20 (1), 30 (2), 40 (3), 50 (4) и 60 мм (5).

После нагрева до температуры 870 °C и выдержки в течение 1 часа образцы выгружали из печи и полностью погружали в ванну с графитом, имеющим начальную температуру 20 °C. Далее образцы самостоятельно охлаждались, а температура их фиксировалась. Результаты охлаждения для всех образцов приведены на рис. 2 и в табл. 1. На каждой кривой можно выделить четыре стадии охлаждения, сопровождающиеся следующими превращениями: первая стадия охлаждения от температуры 870 °C до температуры начала выделения избыточного феррита из аустенита. На этой стадии охлаждение происходит с большой скоростью и незначительно зависит от диаметра (массы) образцов. Для образцов с меньшим диаметром скорость охлаждения в аустенитной области выше, что приводит к некоторому переохлаждению образцов относительно равновесной температуры $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Это способствует тому, что до начала перлитного превращения для образцов меньшего диаметра выделение избыточного феррита происходит при более низких температурах и в более узком интервале температур.

Вторая стадия охлаждения от температуры начала выделения избыточного феррита из аустенита до температуры начала превращения аустенита в перлит. Она характеризуется меньшей скоростью охлаждения,

Параметры охлаждения образцов при самоотжиге стали 45

Диаметр образцов, мм	Стадии охлаждения	Параметры охлаждения			
		Интервал температур, °С		Продолжительность, с	Средняя скорость, °С/ч
		от	до		
20	1	870	690	255	2541
	2	690	650	145	933
	3	650	640	85	423
	4	640	150	8300	213
30	1	870	700	225	2719
	2	700	650	215	837
	3	650	640	275	130
	4	640	150	23120	76
40	1	870	720	200	2700
	2	720	650	310	690
	3	650	640	365	98,6
	4	640	150	30325	58,2
50	1	870	740	200	2340
	2	740	660	525	548
	3	660	650	375	96
	4	650	150	37100	48
60	1	870	740	200	2340
	2	740	660	750	384
	3	660	650	400	90
	4	650	150	55910	32

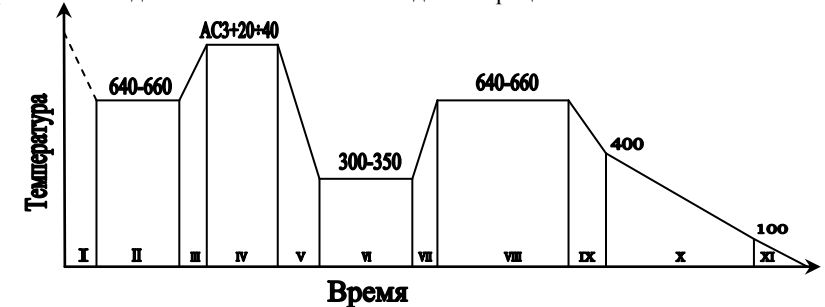
что можно объяснить выделением скрытой теплоты при выделении избыточного феррита из аустенита. Скорость охлаждения на этой стадии существенно зависит от массы (диаметра) образцов, при увеличении которых она снижается.

Третья стадия охлаждения связана с превращением аустенита в перлит. В связи с выделением скрытой теплоты превращения охлаждение на этой стадии замедляется, процессы превращения происходят практически при постоянной температуре 660 – 640 °С. Скорость охлаждения и продолжительность превращения в интервале перлитного превращения сильно зависят от массы (диаметра) образцов, с увеличением которых скорость охлаждения уменьшается, а продолжительность превращения увеличивается.

Четвертая стадия охлаждения характеризует собой охлаждение феррито-перлитной структуры и зависит от массы (диаметра) образцов, с увеличением которых скорость охлаждения снижается.

Таким образом, с увеличением массы изделий повышается температура начала выделения избыточного феррита из аустенита, увеличивается продолжительность перлитного превращения, температура перлитного превращения не зависит от массы (диаметра) образцов, а зависит от химического состава стали. Значение твердости образцов после самоотжига составили 170 – 180 НВ, что соответствует требованиям ГОСТ на поковки из стали 45.

Результаты исследований были использованы для прогнозирования экономии энергозатраченного времени при охлаждении поковок непосредственно послековки среднеуглеродистых сталей. На рис.3 приведен режим охлаждения поковок со всеми стадиями процесса.



I – подсуживание в печи, нагретой до 640 – 660 °С; II – после выравнивания температуры выдержка от 2 до 4 часов (во всех случаях время до выравнивания температуры составляет примерно половину времени выдержки); III – нагрев с максимальной скоростью; IV – выдержка после выравнивания температуры; V – охлаждение в печи с открытыми крышками и шиберами; VI – выдержка; VII – нагрев с максимальной скоростью; VIII – выдержка (после выравнивания температуры); IX – охлаждение со скоростью не более 40 °С/час; X – охлаждение в печи со скоростью не более 15 °С/час; XI – охлаждение на воздухе.

Рис. 3 Режимы охлаждения поковок непосредственно послековки среднеуглеродистой стали марок 35X, 45X, 30H, 30Г2, 45Г2, 55X, 30ХГС, 35ХМ, 40ХГС, 60ХГ, 50ХФ [3].

Продолжительность выдержки на характерных стадиях охлаждения приведена в таблице 2.

Таблица 2

Продолжительность выдержки поковок

Сечение поковок, мм	Выдержка (после выравнивания температуры), час IV	Выдержка, час VI	Выдержка (после выравнивания температуры), час VIII
300	3	6	12
500	5	10	18
700	7	14	22
900	9	18	27
1100	11	22	33
1300	13	26	39
1500	15	30	45
1700	17	34	51
1900	19	38	57
2100	21	42	63

На основании результатов исследований охлаждение в сыпучем графите целесообразно проводить непосредственно после завершения процессаковки (стадия 1, рис.3) или после завершения выдержки при нагреве $A_{C3} + 20...40$ °С (стадия IV). В первом случае экономия энергозатрат времени при охлаждении составляет 100 %, во втором случае не менее 80%.

ВЫВОДЫ

Установлена возможность самоотжига стали 45 при охлаждении с температуры аустенитизации в сыпучем графите вне источника нагрева. Этот способ охлаждения может иметь важное значение в промышленности для снижения энергозатрат при отжиге других сталей.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гуляев А.П. Металловедение / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1988 – 647 с.
2. М.Я. Белкин Разработка технологии термической обработки стальных изделий / М.Я. Белкин, В.К. Заблоцкий, А.Я. Шашко. – Краматорск, 2005 – 2-е издание – 103 с.
3. Гудцов Н.Г. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна / Н.Г. Гудцов. – М.: Металлургиздат, 1957 – 1204 с.
4. Патент Украины № 43690 «Способ термической обработки стали» от 25.08.2009 г.