

ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА В МЕЖКРИТИЧЕСКОМ ИЛИ ПОДКРИТИЧЕСКОМ ИНТЕРВАЛАХ ТЕМПЕРАТУР ПЕРЕД ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМООБРАБОТКОЙ НА СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Обобщены результаты исследований автора с сотрудниками, а также других работ, показывающих, что применение предварительной термообработки, включающей нагрев и выдержку в межкритическом или подкритическом интервалах температур повышает механические свойства закаленных низко- или высокоотпущенных конструкционных сталей.

Ключевые слова: закалка, отпуск, межкритический, подкритический интервал температур, механические свойства.

Введение

Важной научной и практической задачей является повышение уровня механических свойств конструкционных сталей. Для решения этой задачи необходима разработка соответствующих способов термообработки. Автором с сотрудниками, а также рядом других исследователей установлено, что одним из вариантов таких способов могут быть предварительный перед закалкой из аустенитной области нагрев и выдержка в межкритическом или подкритическом интервалах температур (МКИТ, ПКИТ). Опубликованные работы немногочисленны и относятся к отдельным сталям. Их результаты отсутствуют в справочной и учебной литературе. Поскольку закалка с последующим низким или высоким отпуском конструкционных сталей широко применяются в промышленности, в статье ставилась цель обобщить имеющиеся в литературе данные по рассматриваемому вопросу. Не исключено, что они могут быть использованы для повышения свойств многих конструкционных сталей, подвергающихся низкому или высокому отпуску.

Материалы и методика исследований

Объектом исследования являлись стали следующих марок: 10X14Г2, 20Г7С2Т, 20X1330ХМА, 25ХГ2СФР, 13ГС, химический состав которых приведен в табл. 1.

Нагрев сталей при закалке и отпуске проводился в камерных печах. Охлаждение легированных сталей при закалке осуществлялось в масле. Длительность отпуска составляла 1–2 ч. В работе применялись дюротметрический, металлографический, фрактографический и рентгеновский методы исследования. Определялись механические свойства при кручении (ГОСТ 3565-90), растяжении (ГОСТ 1497-84) и ударная вязкость (ГОСТ 9454-78).

Анализ полученных результатов

В работах [1, 2] приведены данные по применению способа термообработки с предварительным перед закалкой и низким отпуском нагревом в МКИТ для сталей 10X14Г2 мартенситного класса. Сталь имеет $An^{\alpha-\gamma}$ и $Ac^{\alpha-\gamma}$ 625 и 850 °С, соответственно [3]. Образцы этой стали нагревали в МКИТ на 650 и 720 °С, выдерживали

Таблица 1 – Химический состав исследованных сталей, масс. %

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	Ti	V	Al	Другие
10X14Г2	0,10	0,2	2,46	13,6	-	-	0,03	S, P ≤ 0,03
20Г7С2Т	0,18	1,88	6,54	0,72	0,12	-	0,02	S, P ≤ 0,03
20X13	0,22	0,66	0,71	12,4	-	-	0,04	S, P ≤ 0,03
30ХМА	0,28	0,22	0,63	0,94	-	-	0,02	S, P ≤ 0,035 Mo = 0,20
25ХГ2СФР	0,24	0,58	1,64	0,47	0,02	0,07	0,04	S, P ≤ 0,03 B = 0,002
13ГС	0,12	0,54	1,3	0,22	0,02	-	0,03	S, P ≤ 0,025

при этих температурах в течение 60 мин, после чего переносили в печь, нагретую до 1100 °С, выдерживали 5 мин и охлаждали в масле. После закалки проводили отпуск при 200 °С, 1 ч. Закалка и низкий отпуск обеспечивают получение в структуре 100 % мартенсита (табл. 2, 1). Термообработка с предварительным нагревом и выдержкой в МКИТ при 650 °С вызывает образование 9 % остаточного аустенита (табл. 2, 2). Это обусловлено некоторым обогащением аустенита марганцем, углеродом, азотом в результате их перераспределения между α - и γ - фазами в процессе выдержки в МКИТ [4, 5] и частичным растворением карбидов при последующем нагреве под закалку. При повышении температуры предварительного нагрева в МКИТ от 650 до 720 °С количество остаточного аустенита не изменяется. Он при испытании механических свойств превращается в мартенсит деформации, о чем свидетельствуют данные рентгеновского анализа. Термообработка стали 10X14Г2 с предварительным нагревом в МКИТ приводит к одновременному повышению прочностных и пластических свойств (табл. 2; 2, 3) Это обусловлено измельчением зерна в результате перекристаллизации, увеличением дисперсности мартенсита, а также образованием остаточного аустенита и протеканием деформационного мартенситного превращения [6].

В условиях последующего кратковременного нагрева до 1100 °С, обеспечивающего завершение $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения, но исключающего гомогенизацию аустенита, в нем сохраняются участки, обогащенные аустенитообразующими элементами. Одновременно из феррита образуется аустенит с пониженным содержанием этих элементов. При закалке обедненные участки аустенита претерпевают превращение в низкоуглеродистый мартенсит, а обогащенные – в мартенсит с повышенным содержанием углерода или сохраняются непревращенными. Следует отметить, что закалка ис-

следованной стали непосредственно из МКИТ без последующей кратковременной аустенитизации, приводит к получению сравнительно невысоких прочностных свойств и повышенной пластичности (табл. 2; 4, 5), что обусловлено существенным уменьшением плотности дислокации в мартенсите и образованием вторичного аустенита. Способ термообработки, предусматривающий нагрев в МКИТ, кратковременную аустенитизацию, закалку и низкий отпуск, был применен к марганцовистой стали 20Г7С2Т мартенситного класса [7]. У этой стали МКИТ составляет 592–872 °С. Сталь была нормализована с нагревом на 950 °С. Предварительный нагрев осуществляли при температуре 650 °С с выдержкой 2 ч. Затем образцы переносили в печь с температурой 1100 °С, где их выдерживали в течение 3–4 мин, после чего закачивали в масле и проводили отпуск при 200 °С в течение 1 ч. Часть образцов для сравнения нагревали в МКИТ на 650 °С, выдерживали 2 ч и охлаждали в масле. После нормализации, являющейся для стали 20Г7С2Т закалкой на мартенсит, в структуре остаточный аустенит не обнаруживается. Нагрев в МКИТ до 650 °С и выдержка при этой температуре в течение 2 ч вызывает образование – 47 % вторичного аустенита. Он метастабилен и в процессе деформации при испытаниях превращается в мартенсит. В результате увеличивается предел прочности $\tau_{нч}$ и относительный сдвиг g при кручении, однако уменьшается предел текучести $\tau_{0,3}$, что объясняется разупрочнением мартенсита и уменьшением его количества при нагреве до 650 °С за счет образования вторичного аустенита [7]. Фазовый состав и механические свойства стали 20Г7С2Т после различных обработок приведены в табл. 3.

По сравнению с термообработкой, предусматривающей нагрев в МКИТ, предложенный способ (табл. 3, 3) обеспечивает существенное повышение механических свойств. Присутствие в структуре после такой обработ-

Таблица 2 – Влияние режимов термической обработки стали 10X14Г2 на ее фазовый состав, механические свойства при кручении и ударную вязкость [2]

Режим термообработки	Количество фаз, %		Механические свойства при кручении			Ударная вязкость, Дж/см ²
	α -	γ -	$\tau_{0,3}$, Н/мм ²	$\tau_{нч}$, Н/мм ²	g , %	
1. Нагрев на 1100 °С, выдержка 20 мин, охлаждение в масле отпуск 200 °С, 1 ч	100	0	790	1160	18	90
2. Нагрев в МКИТ на 650 °С, выдержка 1ч, нагрев на 1100 °С, выдержка 5 мин, охлаждение в масле, отпуск 200 °С, 1 ч	91	9	835	1220	36	100
3. Нагрев в МКИТ на 720 °С, выдержка 1ч, нагрев на 1100 °С, выдержка 5 мин, охлаждение в масле, отпуск 200 °С, 1 ч	91	9	970	1200	49	100
4. Нагрев на 650 °С, выдержка 1 ч, охлаждение в масле	93	7	250	500	118	200
5. То же, что 4, но нагрев на 720 °С	93	7	670	850	32	40

ки примерно 20 % остаточного аустенита и его постепенное превращение в мартенсит деформации при испытаниях свойств позволяет получить повышенный уровень предела прочности и относительного сдвига. Следует подчеркнуть, что термообработка по предложенному способу обеспечивает в марганцовистой стали так же, как и в хромомарганцовистой, более высокий уровень прочностных свойств и пластичности, чем аналогичная термообработка без предварительного нагрева МКИТ.

В работе [8] изучены особенности процессов структурообразования в низколегированных сталях перлитного класса 40ГС и 40Г2С при нагреве и выдержке их в МКИТ. Установлено, что после закалки от температур двухфазной области структура представляет собой мартенсит, феррит, аустенит (5–7 %) и карбиды. Мартенсит, образующийся в результате закалки из аустенита, обогащенного углеродом и марганцем после выдержки в МКИТ, имеет более высокую твердость (на 10–20 %), чем после обычной закалки. Сталь 40ГС, закаленная из МКИТ, затем была нагрета в аустенитную область (выше $A_{с3}$), охлаждена в воде и отпущена при 200 °С в течение 1 ч.

Структура стали после повторной закалки состояла из пакетного мартенсита, в котором, согласно данным микроспектрального анализа, сохраняется созданная предыдущей обработкой неоднородность в распределении углерода и легирующих элементов. В результате этого получен повышенный уровень механических свойств (табл. 4).

Авторами работы [9] установлено, что выдержка после закалки в подкритическом интервале темпера-

тур вблизи $A_{с1}$ вызывает интенсивное протекание полигонизации с образованием развитой субструктуры. Она обладает большой стабильностью и при проведении нагрева под окончательную закалку наследуется аустенитом, что повышает уровень механических свойств.

Результаты исследований [10] влияния предварительной закалки и нагрева в ПКИТ на микроструктуру и износостойкость сталей 40Х и 45, подвергнутых плазменно-дуговой обработке, показали, что формируется благоприятная гетерогенность мартенсита. В этом случае в закаленных сталях наблюдается как пакетный, так и двойниковый мартенсит, не полностью растворенные при скоростном нагреве мелкие карбиды. Они ограничивают или ориентируют рост кристаллов мартенсита. В результате указанной комбинированной обработки значительно повышается износостойкость исследованных сталей.

Получение хорошего комплекса механических свойств в стали 20Х13 ($\sigma_{0,2} = 1420$ МПа, $\sigma_g = 1640$ МПа, $\delta = 14$ %, $\psi = 47$ %, КСЧУ = 1,6 МДж/м²) за счет термообработки, включающей предварительный нагрев в ПКИТ (650 °С, 1 ч), закалку ТВЧ и низкий отпуск, показано в работе [11]. В результате нагрева ТВЧ после выдержки в ПКИТ происходит лишь частичное растворение карбидов в аустените. В участках, обогащенных углеродом и легирующими элементами, после закалки сохраняется мелкозернистая структура, формируется гетерогенная смесь мартенсита неоднородного по химическому составу, не растворившихся карбидов и остаточного аустенита (18–20 %), равномерно распреде-

Таблица 3 – Влияние режимов термообработки на фазовый состав и механические свойства стали 20Г7С2Т при кручении [7]

Режим термообработки	Количество фаз, %		Механические свойства при кручении		
	α -	γ -	$\tau_{0,3}$, Н/мм ²	$\tau_{пч}$, Н/мм ²	g, %
1. Нормализация с нагревом на 950 °С	100	0	750	1200	39
2. Нормализация с нагревом на 950 °С, нагрев на 650 °С, 2 ч, охлаждение в масле	53	47	400	1240	51
3. Нормализация с нагревом на 950 °С, нагрев на 650 °С, 2 ч, нагрев на 1100 °С, выдержка 4 мин, охлаждение в масле, отпуск 200 °С, 1 ч	80	20	870	1240	62
Закалка по типовому режиму с 1100 °С в масло, отпуск 200 °С, 1 ч	96	4	755	1090	47

Таблица 4 – Механические свойства стали 40ГС после различных режимов обработки (после закалки от 880 °С проводился отпуск при 200 °С, 1 ч [8])

Режим термообработки	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	КСЧУ, МДж/м ²	HRC
Закалка с 880 °С, отпуск 200 °С, 1 ч	1630	1950	7.5	29	0,32	54
Закалка из МКИ, закалка с 880 °С, отпуск 200 °С, 1 ч	1770	2110	10.0	42	0,40	56

ленного в структуре. Он метастабилен и при нагружении превращается в мартенсит. При оптимальном режиме термообработки имеет место наиболее благоприятное развитие деформационного мартенситного превращения. Оно сопровождается дополнительным упрочнением и одновременно релаксацией микронапряжений [12]. Полученный после рассматриваемой термообработки комплекс механических свойств выше уровня, достигаемого после обычной закалки.

Данные по изучению влияния термообработки с предварительным нагревом в МКИТ и ПКИТ на механические свойства стали 30ХМА приведены в работе [13]. Предварительный нагрев в МКИТ проводили при 770 °С, а в ПКИТ (после закалки из аустенитной области) – при 650 °С в течение 2 ч. Затем образцы переносили в печь с температурой 850 °С. После кратковременной выдержки (5 мин) при этой температуре их охлаждали в масле и отпускали при 200 °С, 2 ч. Для сравнения определяли свойства после закалки от 850 °С (выдержка) 20 мин и отпускали в течение 2 ч при 200, 560 и 650 °С. Типовая термообработка стали 30ХМА предусматривает после закалки от 850 °С отпуск при 560 °С. После закалки от 880 °С и низкого отпуска достигается сравнительно высокий уровень прочностных свойств, но низкие значения пластичности (табл. 5, 1). После типовой термической обработки (табл. 5, 2) пластичность существенно возрастает, но заметно снижаются прочностные свойства. После отпуска при 650 °С (табл. 5, 3) уровень прочностных свойств наиболее низок, но при этом увеличиваются способность стали к локализованной деформации и ударная вязкость.

Наиболее высокий уровень прочностных, пластических свойств и ударной вязкости получен после способов термообработки, включающих предварительный нагрев и выдержку в МКИТ или ПКИТ (табл. 5; 4, 5). В качестве одной из причин повышения комплекса свойств, кроме указанных ранее, может быть образование тонких прослоек аустенита по границам мартенситных реек.

В ряде случаев при термообработке с нагревом в МКИТ может быть подобран режим, позволяющий получить те же прочностные свойства, что и после термообработки, включающей закалку из аустенитной области, при более высокой пластичности. Примером может служить сталь 25ХГ2СФР. После ее закалки с нагревом в МКИТ на 790 °С, выдержки 1 ч и отпуска при 250 °С 1 ч получены следующие свойства: $\sigma_{0,2} = 1275$ МПа, $\sigma_g = 1430$ МПа, $\delta = 15\%$, $\psi = 60\%$. Закалка по типовому режиму с нагревом на 900 °С (выдержка 20 мин) и отпуск при 250 °С 1 ч обеспечивают при близких прочностных свойствах: $\sigma_{0,2} = 1275$ Па, $\sigma_g = 1420$ МПа более низкую пластичность: $\delta = 10\%$, $\psi = 57\%$ [14].

Полученные данные в работе [15] для стали 13ГС свидетельствуют о том, что закалка и низкий отпуск с кратковременной аустенитизацией, которым предшествовал нагрев и выдержка в МКИТ (770 °С, 1 ч) или ПКИТ (650 °С, 1 ч), позволяют получить более высокий уровень механических свойств, чем после обычных режимов закалки и низкого отпуска (табл. 6).

Таблица 5 – Влияние термообработки на механические свойства стали 30ХМА [13]

Режим термообработки	Механические свойства				
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_g , МПа	δ , %	ψ , %	KCU, МДж/м ²
Нагрев на 880 °С, выдержка 20 мин; закалка; отпуск при температурах, °С					
1. 200 °С	1240	1520	3	19	0,72
2. 560 °С	750	980	10	55	0,80
3. 650 °С	670	770	12	76	1,16
4. Нагрев на 770 °С, выдержка 2 ч; перенос на 850 °С, выдержка 5 мин; закалка; отпуск при 200 °С, 2 ч	1280	1470	11,6	62	1,20
5. Нагрев на 850 °С, выдержка 20 мин; закалка; нагрев на 650 °С, выдержка 2 ч; перенос на 850 °С, выдержка 5 мин; закалка; отпуск при 200 °С, 2 ч	1240	1420	16,4	56,0	1,32

Таблица 6 – Влияние термообработки на механические свойства стали 13ГС [15]

Режим термообработки	Механические свойства				
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_g , МПа	δ , %	ψ , %	KCU, МДж/м ²
1. Нагрев на 900 °С, выдержка 20 мин; закалка; отпуск при 150 °С, 1 ч	910	1150	11,0	48	1,00
2. Нагрев на 900 °С, выдержка 20 мин; закалка; нагрев на 740 °С, выдержка 1 ч; перенос на 950 °С, выдержка 4 мин; закалка; отпуск при 150 °С, 1 ч	970	1190	12,5	50	1,55
3. Нагрев на 900 °С, выдержка 20 мин; закалка; нагрев на 650 °С, выдержка 1 ч; перенос на 950 °С, выдержка 4 мин; закалка; отпуск при 150 °С, 1 ч	1020	1250	13,0	50	1,65

Фрактографическое изучение разрушенных ударных образцов стали 13ГС показывает, что после всех режимов термообработки их изломы имеют вязкий характер. После предварительного нагрева в МКИТ или ПКИТ (табл. 6; 2, 3) ударная вязкость выше и, соответственно, дисперснее микроструктура, чем в случае закалки и низкого отпуска по обычному режиму (табл. 6, 1). Эффект комбинированной обработки можно объяснить измельчением зерна, диспергированием пакетов и реек мартенсита. Не исключено образование тонких прослоек аустенита по границам реек.

На строительных сталях повышенной степени легирования 10Х2Н4МДФ, 14ХГН2МАФБ, 14ХГНМДАФБРТ [16] установлено, что при нагреве в ПКИТ вблизи A_{c_1} , (ниже на 20–40 °С) образуется 18–20 % аустенита. Последующая термообработка включает аустенизацию вблизи точки A_{c_3} (выше на 10–30 °С), сокращенную выдержку по сравнению со стандартным режимом обработки, а также закалку и высокий отпуск. В этом случае также получен хороший комплекс механических свойств [16].

Приведенные данные позволяют заключить, что в ряде случаев целесообразно специально создавать микронеоднородность в распределении углерода и легирующих элементов при аустенизации, а не выравнивать состав, как рекомендуется в большинстве случаев в настоящее время. Этого можно достичь предварительной обработкой с нагревом в МКИТ или ПКИТ и последующей закалкой, обеспечивающей дисперсную, неоднородную по химическому составу структуру, сочетающую прочные и пластичные составляющие.

Выводы

1. Способы термообработки, включающие предварительный нагрев в МКИТ или ПКИТ, закалку после кратковременной аустенизации, низкий или высокий отпуск, позволяют получить более высокий уровень механических свойств, чем после традиционной закалки и такого же отпуска.

2. Причинами повышения свойств являются: измельчение зерна и мартенситных кристаллов, неоднородность их химического состава. В ряде случаев образование субструктуры, сохранение в структуре нерастворившихся карбидов, образование аустенита, а также развитие динамического деформационного мартенситного превращения (в случае низкого отпуска),

3. Предложенные способ термообработки отличается от известных тем, что после предварительного нагрева в МКИТ или ПКИТ не требуется проводить охлаждение перед последующей аустенизацией, что сокращает технологический процесс и уменьшает энергозатраты на нагрев.

Список литературы

1. А.с. 1636458 СССР, С21D 6/00/ Способ термообработки хромомарганцевых сталей / Л. С. Малинов, А. П. Чейлях ; заявл. 15.08. 88, № 4485226/02 ; опубл. 23.03.91. Бюл. № 11.

2. Малинов Л. С. Структура и свойства Fe-Cr-Mn сталей после закалки с предварительным нагревом в межкритический интервал температур / Л. С. Малинов, А. П. Чейлях // МиТОМ. – 1990. – № 6. – С. 45–47.

3. Чейлях А. П. Использование мартенситного превращения при нагружении для разработки безникелевых сталей переходного класса : дис. ... канд. техн. наук : (05.16.01) / А. П. Чейлях. – Донецк : ДПИ. 1985. – 298 с.

4. Гольдштейн Я. Е. Особенности фазовых превращений, структуры и свойств марганцевых сталей / Гольдштейн Я. Е., Чарушникова Г. А., Беликов А. И. // Известия АН СССР. Металлургия и горнорудное дело. – 1963. – № 4. – С. 105–108.

5. Бернштейн А. М. Легирование и термическая обработка хладостойкой двухфазной стали / А. М. Бернштейн, Е. М. Брун, Л. С. Горохов // Известия АН СССР. Металлы. – 1989. – № 1. – С. 98–104.

6. Малинов Л. С. Повышение свойств сталей и чугуна за счет обработок, обеспечивающих реализацию эффекта самозакалки при нагружении / Л. С. Малинов // Металл и литее Украины. – 2000. – № 3–4. – С. 8–10.

7. Чейлях А. П. Закалка марганцовистых сталей с предварительным нагревом в двухфазном $\alpha + \gamma$ интервале / А. П. Чейлях Л. С. Малинов, Е. М. Бекетова // Известия вузов. Черная металлургия. – 1994. – № 10. – С. 42–44.

8. Механические свойства сталей 40ГС и 40Г2С с мартенситно-ферритной структурой после термической и термомеханической обработки / М. Л. Бернштейн, Л. М. Бернштейн, С. А. Гладышев и др. // Известия вузов. Черная металлургия. – 1988. – № 9. – С. 108–111.

9. Гуляев А. П. Влияние отпуска в субкритическом интервале температур на сопротивление разрушению конструкционной среднелегированной стали / А. П. Гуляев, В. Н. Зикеев, Ю. В. Корнющенко // МиТОМ. – 1992. – № 8. – С. 10–13.

10. Влияние плазменно-дуговой обработки на структурное превращение и поверхностное упрочнение углеродистых легированных сталей / Д. С. Ставреев, Л. М. Капуткина, С. К. Киров и др. // МиТОМ. 1996. – № 9. – С. 16–19.

11. Чейлях А. П. Повышение долговечности клапанов из стали 20Х13 высокоскоростной закалкой / А. П. Чейлях, Л. С. Малинов, Н. Г. Лейко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1993. – № 3. – С. 27–29.

12. Малинов Л. С. Упрочнение нестабильных Cr-Mn-N сталей / Малинов Л. С., Эйсмонт Т. Д. // Известия АН СССР. Металлы. – 1969. – № 2. – С. 113–120.

13. Малинов Л. С. Механические свойства стали 30ХМА после закалки и низкого отпуска с предварительным нагревом в межкритическом интервале температур или улучшением / Л. С. Малинов, Л. И. Якушечкина, А. П. Чейлях // МиТОМ. – 1993. – № 10. – С. 7–9.

14. Малинов Л. С. Повышение свойств низколегированных сталей путем термообработки после нагрева в межкритическом интервале температур / Л. С. Малинов, Д. В. Малинова // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – № 1. – С. 63–66.

15. Малинов Л. С. Механические свойства строительных сталей 09Г2С и 13ГС после закалки и низкого отпуска с предварительным нагревом в межкритическом и субкритическом интервалах температур / Л. С. Малинов, А. С. Рубец // Тезисы докладов VII региональной научно-технической конференции. Т. 3. – Мариуполь, ПГТУ. – 2001. – С. 200–201.

16. Ткаченко И. Ф. Повышение комплекса механических свойств проката высокопрочных сталей за счет новых режимов термической обработки / И. Ф. Ткаченко //

Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2000. – № 10. – С. 100–105.

Одержано 08.12.2017

Малінов Л.С. Вплив нагріву в міжкритичному або підкритичному інтервалі температур перед остаточною термообробкою на властивості конструкційних сталей

Узагальнено результати досліджень автора з співробітниками, а також інших робіт, які показують, що застосування попередньої термообробки, яка передбачає нагрівання і витримку в міжкритичному або підкритичному інтервалах температур, підвищує механічні властивості загартованих низько- або високовідпущених конструкційних сталей.

Ключові слова: загартування, відпуск, межкритичний, підкритичний інтервал температур, механічні властивості.

Malinov L. Influence of heating in inter-critical or subcritical intervals of temperatures before final heat treatment on the properties of construction steels

The results of the author's research with employees, as well as other works showing, that the use of preliminary heat treatment including heating and exposure in the inter-critical or subcritical temperature intervals improves mechanical properties of quenched low- and high tempered steels are summarized.

Key words: quenching, temper, intercritical, subcritical temperature interval, mechanical properties.
