

Изобретение относится к области металлургии, в частности к способам скоростной закалки нержавеющей сталей.

Известен способ термической обработки стальных деталей высокой точности [1], заключающийся в проведении предварительной термообработки на троостит или сорбит и последующего лазерного облучения рабочих поверхностей деталей. Недостатками известного способа являются малая глубина упрочненной зоны (0,75мм) и невозможность повышения комплекса механических свойств.

Наиболее близким техническим решением является способ лазерной закалки [2], заключающийся в проведении предварительного улучшения (закалки и отпуска при 300-600°C) и последующего скоростного нагрева лазерным лучом и охлаждения лишь поверхностного слоя детали небольшой глубины (не более 1,05мм).

В известном способе предложенный режим термообработки не способен обеспечить объемный нагрев изделия из-за неглубокого проникновения лазерного луча, следствием чего является невозможность повысить такие свойства как прочность, пластичность и вязкость.

В основу изобретения поставлена задача создать способ термической обработки изделий преимущественно из нержавеющей сталей, в котором за счет осуществления новых операций и изменения режима обеспечивается повышение прочностных и пластических свойств, вязкости и износостойкости, и за счет этого увеличивается долговечность деталей и достигается экономия легированных сталей.

Поставленная задача решается тем, что в способе термической обработки изделий, преимущественно из нержавеющей сталей, включающем улучшение, скоростной нагрев, охлаждение, согласно изобретению, скоростной нагрев ведут до $Ac3^+(370-450)^\circ C$, а затем проводят низкотемпературный отпуск.

В способе осуществляют объемный скоростной нагрев детали

При скоростном нагреве ТВЧ обеспечивается (сквозной) прогрев испытываемых образцов. Более высокая температура скоростного нагрева $Ac3^+(370-450)^\circ C$, чем в известных способах, но отсутствие выдержки, с одной стороны, исключает полное растворение карбидов и гомогенизацию аустенита (хотя все известные способы закалки предусматривают выравнивание химсостава аустенита), с другой стороны, обеспечивает достаточное растворение в аустените углерода и хрома и необходимое упрочнение мартенсита.

В результате при закалке по предложенному способу сохраняется мелкозернистая структура, формируется гетерогенная дисперсная смесь мартенсита, карбидов и повышенное количество (18-29%) метастабильного остаточного аустенита, равномерно распределенного в структуре. Получение такой структуры, а также последующее превращение остаточного аустенита в мартенсит при деформации в процессе испытаний или при эксплуатации по оптимальной кинетике и обеспечивает одновременное повышение прочностных, пластических свойств, ударной вязкости и износостойкости сталей, т.е. комплекса механических свойств.

Нагрев сталей до температуры меньше $Ac3^+370^\circ C$ с указанными скоростями не обеспечивает достаточное насыщение аустенита углеродом и хромом, вследствие чего образуется низкоуглеродистый мартенсит пониженной твердости и недостаточное количество (или отсутствие) метастабильного остаточного аустенита. В результате не обеспечивается повышение прочностных свойств.

Скоростной нагрев до температуры больше $Ac3^+450^\circ C$ с указанной скоростью вызывает почти полное растворение карбидов в аустените, быстрый рост аустенитного зерна и даже оплавление, что снижает все механические характеристики сталей.

Низкотемпературный отпуск проводится для уменьшения внутренних напряжений, стабилизации до определенного уровня остаточного аустенита и повышения пластичности сталей.

Предложенный способ термообработки нержавеющей сталей опробован в производственных условиях ПО "Азовмаш". Стандартные образцы для механических испытаний из стали 20х13 (разрывные гагаринские, ударные сечением 10х10мм с U-образным надрезом, на кручение диаметром рабочей части 6мм) предварительно подвергали улучшению (закалка с $1050^\circ C$ и отпуск при температуре $720^\circ C$). После этого по одному образцу помещали в кольцевой одновитковый индуктор диаметром 100мм симметрично относительно плоскости индуктора, обеспечивая при этом их осевое расположение. Скоростной объемный равномерный нагрев всего образца осуществляли токами высокой частоты от лампового генератора ЛЗ-207 с параметрами работы: анодный ток 7А, частота тока 60кГц, напряжение на контуре 6кВ, мощность контура 200кВт, скорость нагрева составляла 200-50°C/с. Время нагрева изменяли от 15 до 19,5с, а температуру соответственно варьировали от 1000 до $1450^\circ C$. По истечении заданного времени нагрева образцы охлаждали в масле, после чего проводили низкотемпературный отпуск при температурах 200-250°C. Испытания механических свойств сталей после термообработки по предложенному и известному способам проводили в лабораторных условиях Мариупольского металлургического института. Испытания на растяжение осуществляли на разрывной машине Р-4, на кручение - на машине КМ-50-1, на ударную вязкость - на маятниковом копре МК-30, на износ - на машине МИ-1М. Результаты механических свойств приведены в таблице.

Из таблицы следует, что после термообработки по предложенному способу со скоростным нагревом до оптимальных температур $Ac3^+(370+450)^\circ C$ прочностные ($\sigma_{в1}$, $\sigma_{0,2}$, $\tau_{п4}$, $\tau_{0,3}$), пластические (δ , ψ , g) характеристики, ударная вязкость и износостойкость значительно выше, чем после скоростной закалки по известному способу, а также чем после обычной закалки с нагревом в печи.

Эффективность предложенного способа заключается в существенном повышении комплекса механических и эксплуатационных свойств, долговечности деталей и экономии легированных сталей.

Условия нагрева		Механические свойства								
время, с	температура, °C	при растяжении				при кручении			Ударная вязкость KcU МДж/м ²	Относи- тельная износо- стойкость
		σ_s , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	τ_n , МПа	$\tau_{0,3}$, МПа	g , %		
15	Ac3+200	1540	1290	5	8	1190	870	14	0,9	2,96
17	Ac3+370	1630	1350	14	59	1390	900	33	1,0	6,0
18(оптим.)	Ac3+420	1640	1420	14	47	1440	1030	40	1,6	6,85
19	Ac3+450	1610	1450	14	47	1420	890	34	0,9	6,2
19,5	Ac3+500	1400	1180	10	31	1330	820	27	0,2	5,5
11 по про- тотипу* на- грев в печи	Ac3+120	1070	820	15	59	980	640	48	0,8	5,4
	1000	1410	1200	10	41	1345	815	28	-	5,4

*Ульянин Е.А. Коррозионностойкие стали и сплавы. – М.: Металлургия, 1980, с. 47.