



УДК 669.14.018; 621.78

Глебов Владимир Васильевич, к.ф.-м.н., доц., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Блинов Виктор Михайлович, д.т.н., проф., ИМЕТ РАН

Репин Федор Федорович, к.т.н., проф., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ГОРЯЧАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ВЫСОКОПРОЧНОЙ АЗОТСОДЕРЖАЩЕЙ СТАЛИ 05X22AG14N7M

Ключевые слова: азотсодержащая сталь, ковка, механические свойства, горячая прокатка, полигональная структура.

Аннотация. Исследовано влияние режимов горячей прокатки иковки на структуру и механические свойства азотсодержащей стали 05X22AG14N7M. Показано, что при ковке предельная деформация не должна быть >10%, поэтому ковка должна осуществляться с большим числом выносов. Температурный интервал ковки составляет 1250 - 1000°C.

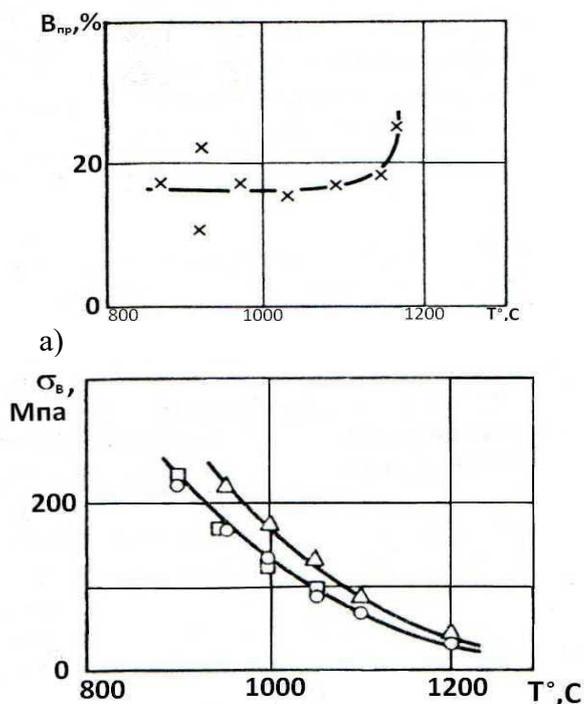
В судовом машиностроении при изготовлении высоконагруженных деталей машин и механизмов востребованы немагнитные коррозионностойкие стали с высокими прочностными и пластическими характеристиками. Основным недостатком применяющихся высокопрочных ($\sigma_{0,2} > 600$ МПа) нержавеющей аустенитных дисперсионно-твердеющих сталей является их пониженная пластичность и вязкость разрушения, не обеспечивающая необходимого ресурса работы ответственных деталей. Известные стабильно-аустенитные стали типа НН-3(08X20H4AG10), НН-3Б (08X18H5Г12АБ) [1], обладая достаточно высокой пластичностью и коррозионной стойкостью, вместе с тем характеризуются недостаточно высокой прочностью ($\sigma_{0,2} \leq 500$ МПа). Известно, что максимальной пластичностью при одинаковом значении прочности после закалки обладают азотсодержащие Cr-Mn-Ni стали, причем предел прочности этих сталей увеличивается при повышении содержания азота. При введении в сталь до 27% Cr и до 30% Mn можно получить сталь с содержанием азота до 1,4%, однако при длительных выдержках при температуре $\sim 700^\circ\text{C}$ пластичность стали существенно понижается из-за выделения нитридов по механизму прерывистого распада. Влияние режимов термообработки на структуру и механические свойства аустенитных азотсодержащих сталей исследовано в [2], тогда как влияние горячей пластической деформации изучено недостаточно полно.

Поэтому в данной работе исследованы структура и механические свойства стабильной аустенитной азотсодержащей стали 05X22AG14N7M [3] с равновесным содержанием азота $\sim 0,8\%$ после горячей деформации (ковки и прокатки). Результаты механических испытаний показали, что сталь 05X22AG14N7M после ковки, температура конца которой 800°C и 1000°C , характеризуется высоким комплексом механических свойств ($\sigma_B = 1080$ МПа, $\sigma_{0,2} = 800-830$ МПа, $\delta = 36-37\%$, $\psi = 52-61\%$, KCU = 1,4-1,7 МДж/м², см. табл. 1).

Таблица 1

Термообра- ботка	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, МДж/м ²
Ковка, Тк =850°C	1080	800	36	52	1,4
Ковка, Тк =1000°C	1080	830	37	61	1,7
Ковка, Тк =850°C+1050° С, 0,5 ч.	980	590	54	69	1,7
Ковка, Тк =1000°C+1050 °С, 0,5 ч.	970	580	47	60	1,8

Для оценки горячей пластичности стали выполняли высокотемпературную осадку образцов с выточками, причем деформация определялась как отношение высоты образцов после осадки к исходной, а также по относительному сужению при испытаниях на растяжение в интервале $t = 950-1200^\circ\text{C}$. Образцы вырезались из опытных слитков с содержанием азота 0,69-0,75% [3]. Полученные данные приведены на рис. 1.



б)

Рис. 1. Зависимость предельной пластичности стали $V_{пр}$ (а) и предела прочности σ_B (б) от температуры деформации.

Установлено, что начальные обжатия при ковке не должны превышать $\sim 10\%$. При снижении температурыковки ниже 1000°C значительно возрастает сопротивление деформации и на поверхности заготовок появляются трещины, что связано с образованием на границах зерен пластинчатых выделений нитридов хрома [3].

В связи с незначительной величиной допустимых обжатий и узким интервалом температур горячей деформации ковку следует выполнять с большим числом выносов, что согласуется с данными работы [4].

Заготовку типа вала $\varnothing 180$ мм получали из слитка массой 1,1 тн ковкой на 3,5 тонном

молоте (плоские бойки) в интервале температур 1250-1000°C за восемь выносов. Охлаждение заготовок послековки проводили по двум вариантам: 1 - на воздухе и 2 - в воде. Механические свойства поковок приведены в таблице 2.

Таблица 2

Механические свойства стали 05X22AG14N7M послековки и различного охлаждения

Термообработка	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	KCV, МДж/м ²
Охлажд. послековки на возд.	973	635	52,5	57,7	0,94
Охлажд. послековки в воде	975	638	52,0	69,0	2,60

Макроструктура заготовок послековки – плотная, мелкозернистая (с разнотельностью от 30 до 400 мкм), без пор и трещин. При охлаждении заготовки послековки на воздухе на границах зерен присутствуют выделения нитридов хрома. В структуре стали послековки наблюдали большое количество двойников. Заготовки, подвергнутые охлаждению в воде от температуры завершенияковки, имеют чистые границы зерен, повышенные значения ударной вязкости и не обладают склонностью к МКК.

Максимальные значения прочности у высокоазотистой стали были достигнуты послековки при сравнительно невысоких температурах 900 - 1000°C (рис. 2).

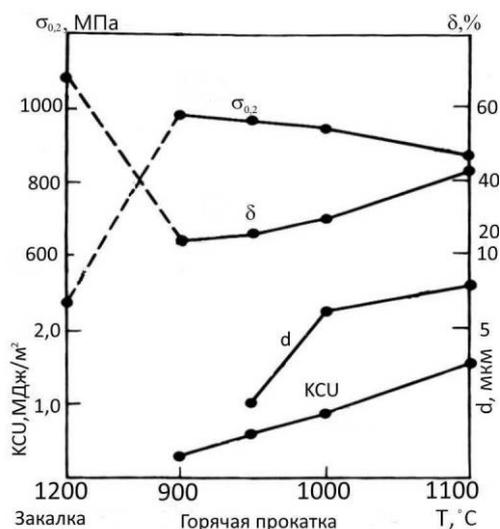
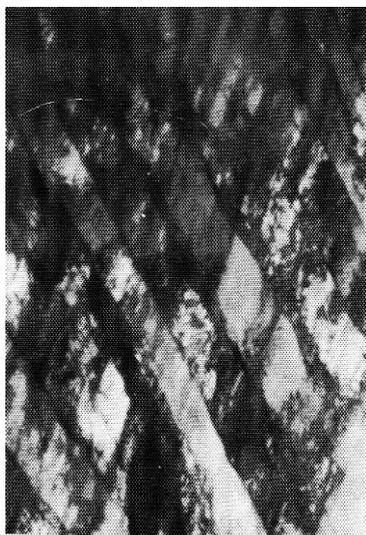


Рис. 2. Влияние температуры прокатки на механические свойства стали 05X22AG14N7M [5].

В деформированной прокаткой при 1100°C стали 05X22AG14N7M наблюдается развитая полигональная структура (рис. 3).



x25000

Рис. 3. Микроструктура стали 05X22AG14N7M после горячей прокатки [5].

Исходя из анализа структуры и механических свойств стали 05X22AG14N7M, можно сделать вывод о том, что формирование при горячей прокатке развитой полигональной структуры является одной из основных причин получения хорошего сочетания высоких показателей прочности и пластичности.

Список литературы:

- [1] Приданцев М.В., Талов Н.П., Левин Ф.Л., Высокопрочные аустенитные стали, М., Металлургия, 1969, 248 с..
- [2] Банных О.А., Блинов В.М., Дисперсионно-твердеющие немагнитные ванадийсодержащие стали, М., Наука, 1980, 190 с..
- [3] Глебов В.В., Тюсина Н.М., Каленихин Ю.Н., Пойменов И.Л., Блинов В.М., Пермитин В.Е. Высокопрочная немагнитная сталь для тяжелонагруженных деталей транспортного машиностроения, Известия АН СССР, Металлы, № 1, 1989, с. 157–163.
- [4] Фомина О.В. «Создание технологических принципов управления структурой и физико-механическими свойствами высокопрочной аустенитной азотсодержащей стали», Автореферат на ... докт. техн. наук, ФГУП «ЦНИИКМ «Прометей» им. акад. И.В.Горынина НИЦ «Курчатовский институт», Санкт-Петербург, 2018, 50 с..
- [5] Блинов В.М., Пойменов И.Л., Куликова О.И., Карелин Ф.Р., Шурыгина И.А., Глебов В.В., Каленихин Ю.Н. «Влияние горячей деформации на структуру и механические свойства высокоазотистых немагнитных сталей», в кн. «Структура и физико-механические свойства немагнитных сталей», М., Наука, 1986, 206 с..

HOT PLASTIC DEFORMATION OF HIGH-RESISTANT NITROGEN-CONTAINING STEEL 05H22AG14N7M

V.V.Glebov, Ph.D., Ass. Prof., FSBEI HE "VSUWT"

V.M.Blinov, Doct. of Tech. Sci., Prof., IMET RAS

F.F. Repin, Ph.D., Prof., FSBEI HE "VSUWT"

Key words: nitrogen-containing steel, forging, mechanical properties, hot rolling, polygonal structure.

The influence of the modes of hot rolling and forging on the structure and mechanical properties of nitrogen-containing steel 05H22AG14N7M was investigated.

Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов

Секция IV Эксплуатация и ремонт транспортно-технологических машин и судового оборудования