

М.Д.Бернштейн, И.И.Габриелов,
Е.А.Дорошкевич, В.Г.Прокошкина,
С.Б.Фельгина

ПОЛУЧЕНИЕ И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОРОШКОВОЙ МАРТЕНСИТНО-СТАРЕЮЩЕЙ СТАЛИ

Мартенситно-старяющая сталь H18K9M5 , дополнительно легированная ниобием, была получена методами порошковой металлургии и с целью упрочнения подвергалась термомеханической обработке по различным схемам.

По схеме предварительной термомеханической обработки (ПТМО) спеченные образцы исследуемой стали подвергались холодной прокатке с обжатием 50% с последующей закалкой с температуры 880°C и старением при температуре 480°C в течение 1 часа.

С целью дальнейшего повышения механических свойств стали была применена комбинированная термомеханическая обработка, которая заключалась в ПТМО спеченных заготовок с последующей прокаткой и старением по указанному режиму. И, наконец, для повышения пластичности спеченная сталь подвергалась высокотемпературной термомеханической обработке (ВТМО), которая заключалась в высокоскоростной горячей штамповке заготовок в закрытом штампе на пороховом копре.

Для получения мартенситно-старяющей стали применялись порошки карбонильного железа марки А-2, карбонильный никель, восстановленные кобальт и молибден с размерами частиц до 10 мкм. Ниобий вводился в сталь в виде гидрида в количестве 2%. Порошки перемешивались в двухконусном смесителе в течение 2 часов. Прессование образцов осуществлялось в стальной прессформе на гидравлическом прессе. Размеры внутренней полости матрицы (65×10 мм) позволяли получать образцы для последующего испытания на растяжение и ударную вязкость. Давление прессования составляло 8 т/см^2 . Режимы спекания приведены в таблице I.

Пористость после спекания составляла 10%. Структура стали после спекания, как показали металлографические исследования, характеризуется наличием крупных включений, которые представляют собой металлические нерастворившиеся частицы и примеси. Химический анализ показал наличие большого количества углерода

вследствие загрязнения исходных материалов и особенно гидрида ниобия, так как содержание углерода в нем составляло 0,33 %. Содержание ниобия в стали, по результатам химического анализа, составило 1,49 %.

Термомеханическая обработка спеченных образцов осуществлялась по указанным выше схемам.

Высокоскоростная горячая штамповка проводилась на порошковом копре в закрытом штампе, форма и размеры гравюры которого соответствовали внутренней полости пресс-формы для прессования образцов. Интервал температур горячей пластической деформации спеченной мартенситно-старееющей стали выбирался применительно к компактным материалам и составлял 825–1260°C.

Как показали данные металлографических исследований, низкий уровень пластичности после холодной деформации обусловлен наличием углерода и нерастворившихся частиц легирующих элементов. Горячая пластическая деформация несколько уменьшила отрицательное влияние примесей, способствовала лучшему растворению элементов и позволила увеличить пластичность материала при некотором снижении прочностных свойств. После горячей деформации образцов образовалась мелкозернистая структура, состоящая из мартенита с небольшим количеством нерастворившихся частиц.

Таблица I

Режимы спекания			Термомеханическая обработка				Механические свойства					
атмосфера	T, °C	τ, час	γ, г/см ³	схема ТМО	этапы ТМО	остаточная пористость, %	σ ₁ , кг/мм ²	σ ₂ , кг/мм ²	δ, %	ψ, %	α _к , кгм/см	НРС
Водород	1150	5	7,3	ПТМО	Прокатка + закалка 880°C + старение 480°C 1 час	2	I28	I24	2,5	5	-	-
					-	I04	85	6	11	-	-	
					-	I46	I36	5	8	-	-	
				Комбинированная	ПТМО + прокатка + старение 480°C 1 час	-	I51	I40	1,5	3	-	-
-	-	-	-	-	-	I68	I65	2,5	5	-	-	
Вакуум	1250	3	7,64	ВТМО	Штамповка + старение 480°C 3 часа	<0,5	I39	I24	5	16	I,7	44
Аргон	1250	3	7,6			<0,5	I35	I26	4,5	16	I,6	44