

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

ПОЛУЧЕНИЕ И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОРОШКОВОЙ МАРТЕНСИТНО-СТАРЕЮЩЕЙ СТАЛИ

Мартенситно-стареющая 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-стареющей 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 1.

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 ² | 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 | II | - | - | |
| | | | | | - | 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 | I6 | I,7 | 44 |
| Аргон | 1250 | 3 | 7,6 | | | <0,5 | I35 | I26 | 4,5 | I6 | I,6 | 44 |