

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ЗАКАЛКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРУЖИННОГО Cr-Ni СПЛАВА

Дисперсионно-твердеющий сплав 47ХНМ обладает высокой коррозионной стойкостью, низким температурным коэффициентом модуля упругости, немагнитностью, малым упругим гистерезисом и упругим последействием, высокой усталостной прочностью и используется в промышленности не только как конструкционный материал, но и как пружинный сплав. При изготовлении упругочувствительных элементов из сплава 47ХНМ рекомендуется способ обработки, включающий в себя закалку образцов от 1250°C и старение при 700–725°C, 5 ч [1]. Как известно [1, 2], технологические свойства сплавов зависят от режимов закалки, поэтому для выбора оптимальных условий обработки следует знать зависимость механических свойств сплавов от режимов закалки в широком температурно-временном интервале. Однако в литературе, на наш взгляд, практически отсутствуют сведения об изменениях механических свойств сплава 47ХНМ в зависимости от режимов закалки.

Целью настоящей статьи является исследование влияния температуры закалки и времени

выдержки под закалку на механические свойства сплава 47ХНМ.

Эксперимент. Объектом исследования является сплав 47ХНМ промышленного изготовления и стандартного химического состава (47% Cr, 5% Mo, ост. Ni). Закалку образцов сплава 47ХНМ проводили в воде после различной выдержки при 950–1300°C. Нагрев под закалку проводили в соляной ванне с расплавом BaCl_2 , а также в среде очищенного аргона.

Механические испытания образцов при комнатной температуре на одноосное растяжение проводили на установке типа «ПОЛЯНИ» по стандартной методике, согласно ГОСТу 1497-84. По диаграммам растяжения рассчитывали пределы текучести и прочности, а также определяли относительное удлинение образцов после разрыва.

Результаты и их обсуждение. Влияние температуры закалки на механические свойства сплава 47ХНМ изучали при 950–1300°C, поскольку ниже 950°C начинает развиваться прерывистый распад с выделением α -фазы, а выше 1300°C наблюдается пережог материала [3].

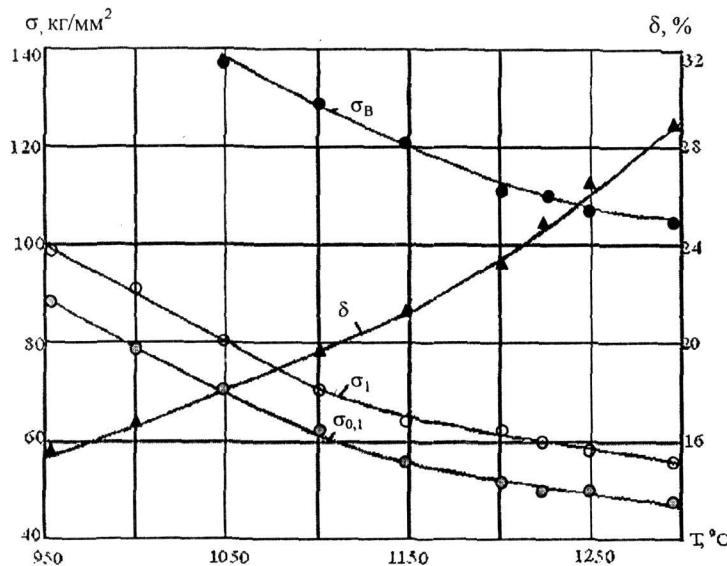


Рис. 1. Зависимость пластичности и сопротивления деформированию сплава 47ХНМ от температуры закалки

На рис. 1 приведена зависимость пластичности и сопротивления деформированию сплава 47ХНМ от температуры закалки. Видно, что с повышением температуры закалки пластичность сплава увеличивается, а деформирующие напряжения ($\sigma_{0.1}$ – предел текучести, σ_1 – напряжение при остаточной деформации в 1%, σ_B – предел прочности) монотонно уменьшаются. Увеличение пластичности с повышением температуры закалки обусловлено не только растворением, но и процессами коалесценции и сфероидизации избыточной α -фазы [4].

Ранее в работе [3] нами было показано, что с повышением температуры закалки возрастает однородность твердого раствора как по концентрации, так и по уменьшению (залечиванию) дефектов строения. Следует отметить, что дальнейшее увеличение температуры выше 1300°C приводит к резкому падению пластичности. Причина такого явления, по-видимому, обусловлена не только ростом зерен и образованием разнозернистости, но и оплавлением частиц α -фазы вблизи границ зерен. Вполне вероятно, что по оплавленным участкам происходит проникновение компонентов атмосферы печи, приводящее к образованию окислов, нитридов или газовых пузырей, при этом не исключено, что это также может быть причиной охрупчивания сплава. Следовательно, во избежание пережога материала температура нагрева не должна превышать 1275°C.

С понижением температуры закалки пластические свойства сплава уменьшаются, что

свидетельствует о неполноте растворения избыточной α -фазы, а при 950°C относительное удлинение образцов до разрыва вдвое меньше, чем при температуре 1300°C. Одновременно с этим происходит рост деформирующих напряжений (см. рис. 1).

Рассмотрим изменение механических свойств сплава 47ХНМ от продолжительности выдержки при температуре нагрева перед закалкой. Исследования проводились при 1100–1300°C, время выдержки под закалку составляло от 1 до 30 мин. Характер изменения пластичности и деформирующих напряжений в зависимости от продолжительности выдержки перед закалкой приведен на рис. 2.

Анализ зависимости механических свойств от времени выдержки при 1300°C (рис. 2, а) и 1225°C (рис. 2, б) показывает, что с увеличением продолжительности нагрева деформирующие напряжения падают, при этом происходит рост пластичности. Снижение сопротивления деформированию, а также повышение пластичности сплава обусловлены растворением избыточной α -фазы на основе Сг, имеющей ОЦК-решетку (рис. 3). Процесс растворения начинается с дисперсных частиц, и с увеличением времени выдержки растворяются и более крупные частицы, обогащая легирующим компонентом матричный твердый раствор. Рост пластичности при увеличении времени гомогенизации при 1300°C происходит до 30 мин включительно, после чего кривая выходит на насыщение.

Характер изменения механических свойств в зависимости от времени выдержки при 1250

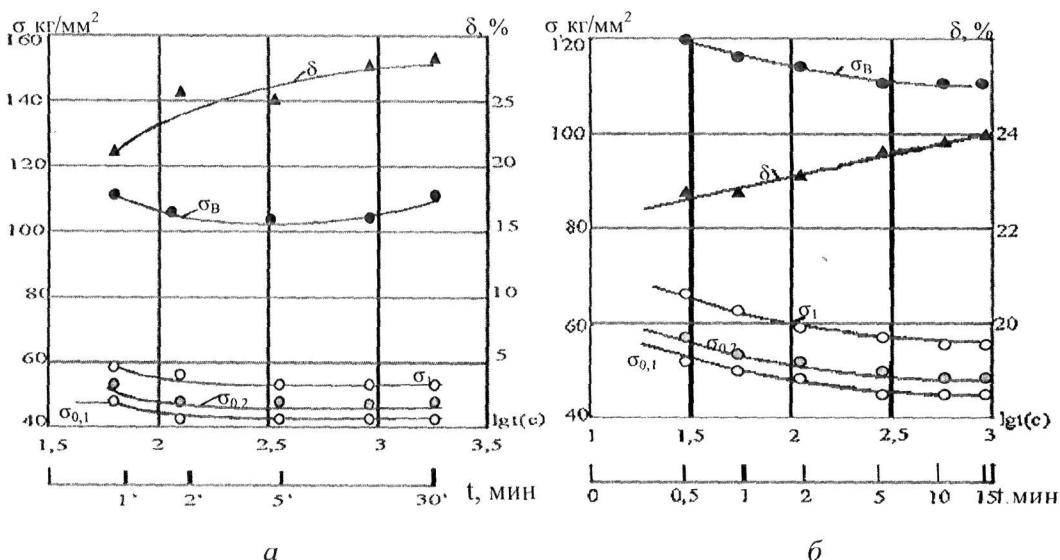


Рис. 2. Зависимость пластичности (δ) и сопротивления деформирования (σ) сплава от времени выдержки при температурах: а – 1300°C; б – 1225°C

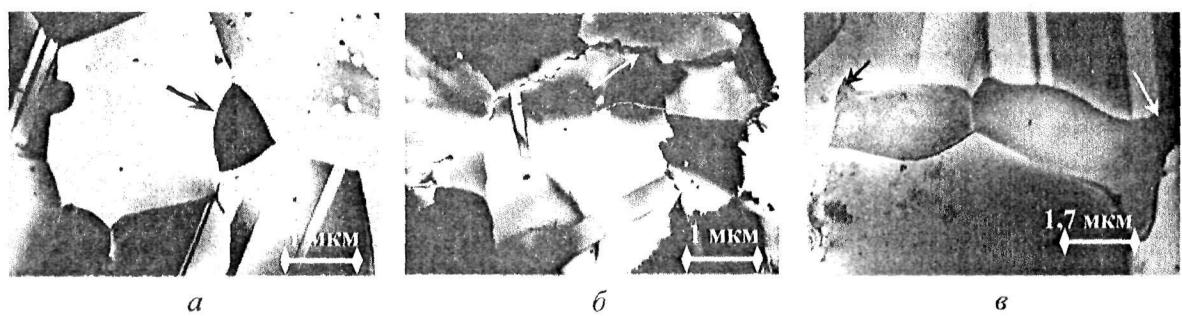


Рис. 3. Микроструктура сплава 47ХНМ после закалки от 1250°C: а – 1 мин, б – 5 мин, в – 10 мин

и 1225°C (см. рис. 2, б) подчиняется той же закономерности, что и при 1300°C, но происходит с меньшей интенсивностью.

Представляет интерес рассмотреть зависимость технологических свойств сплава от времени выдержки при 1200°C (рис. 4, а). Из представленных данных видно, что с увеличением времени гомогенизации сплава прочностные свойства падают, но в значительно меньшей степени. После закалки от 1200°C значения предела текучести и предела прочности образцов выше более чем на 10 кг/мм² по сравнению с температурным интервалом 1300–1250°C (рис. 4, б).

Характер изменения пластичности при температуре закалки 1200°C резко меняется, вместо ожидаемого роста пластичности с увеличением времени нагрева наблюдается ее падение. Причина такого явления не установлена, хотя структурные исследования характера разрушения образцов в поперечном сечении показывают на-

личие так называемой структуры «шиферного» излома. Принято считать [4], что «шиферность» структуры не является признаком брака термической обработки, однако не исключено, что это может являться одной из причин снижения пластичности и вязкости сплава.

Формирование «шиферной» структуры излома, по-видимому, может происходить вследствие неоднородного распределения частиц α -фазы (строчечность), что при гомогенизации сплава приводит к растворению наиболее дисперсных частиц с образованием микропустот. Устранить «шиферность» можно длительной гомогенизацией сплава, но при этом необходим контроль температуры печи во избежание пережога.

Следует указать также на довольно большой разброс значений пластичности и прочности при проведении испытаний образцов, закаленных от 1200°C. По-видимому, на разброс значений влияют не только неоднородность структуры, но и