

РАЗДЕЛ III. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.762.04:669.017

М.А. Баек, канд.техн.наук,
Е.Б. Ложечников, канд.
техн.наук

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОКАТАННЫХ ИЗ ПОРОШКОВ ЛЕНТ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ НИКЕЛЯ И МЕДИ

В работе изучали зависимость предела прочности, относительного удлинения и микротвердости лент, прокатанных из смесей порошков никеля марки ПНК-1 и меди марки ПМ-2 с окислами кремния, алюминия (α -фаза), циркония и гафния, от температуры нагрева [1]. При 3%-ном содержании окислов по массе их объемное содержание в исследуемых сплавах составляло: SiO_2 -- 11,4%, $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ -- 6,7%, ZrO_2 -- 4,8% и HfO_2 -- 2,8%. Испытаниям подвергали также образцы, вырезанные из лент, прокатанных из порошков никеля и меди.

Ленты, прокатанные из порошков в гладких валках диаметром 160 мм, имели толщину 0,5--1 мм, относительную плотность 0,48--0,86. Ленты спекали в электровакуумной печи при остаточном давлении 10^{-3} мм.рт.ст. с двухчасовой выдержкой при температуре 1050°C (никелевые и на основе никеля) и 950°C (медные и на основе меди). Спеченные ленты подвергали холодной прокатке (суммарное обжатие 45--60%) с промежуточным и окончательным отжигами в вакууме. В результате относительная плотность материала увеличивалась до 0,987 -- 1. Размер частиц окислов в сплавах после их уплотняющих обжатий составил 0,1--0,3 мкм.

Предел прочности и относительное удлинение определяли растяжением образцов на испытательной машине "Шопер-2500". Нагрев образцов производили непосредственно в зажимах в установленной на машине печи с нихромовым нагревателем.

На рис.1 показана зависимость предела прочности прокатанных лент от температуры испытания. Для исследуемых материалов характерно плавное уменьшение предела прочности с повыше-

нием температуры. В большей степени разупрочняются медь и никель, в меньшей — дисперсно-упрочненные сплавы на их основе.

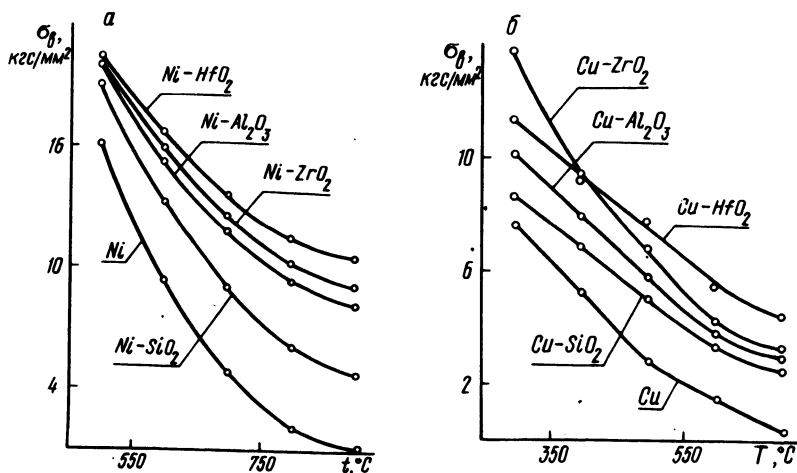


Рис. 1. Зависимость предела прочности ($\sigma_{в}$, кгс/мм²) от температуры испытания (t , °C): а, б — дисперсно-упрочненный никель и медь соответственно.

Дисперсные частицы в кристаллах и на их границах обуславливают возникновение напряжений в кристаллах и являются барьерами на пути дислокаций, препятствующими их движению и сдерживающими пластическую деформацию. Чем выше дисперсность и термодинамическая устойчивость окислов по отношению к металлической матрице, тем в большей степени они замедляют процессы разупрочнения и деформации.

Согласно проведенным опытам дисперсные окислы по степени упрочнения никеля и меди можно расположить в следующем ряду: $\text{HfO}_2 > \text{ZrO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2$, что соответствует данным для прессованных сплавов [2].

Эффективность упрочнения окислами возрастает по мере повышения температуры испытания. Так, если при 500°C предел прочности Ni, Ni--SiO₂, Ni--Al₂O₃, Ni--ZrO₂ и Ni - HfO₂ составлял соответственно 16, 19, 20, 20 и 20,5 кгс/мм², то при 900°C -- 1,1; 4,8; 8,0; 9,0 и 10,5 кгс/мм².

Если при 500°C величина предела прочности исследуемых дисперсно-упрочненных сплавов отличалась незначительно и в среднем превышала предел прочности никеля на 25%, то при 900°C она в 4,5--10 раз была выше, чем у никеля.

Изменение предела прочности лент меди и сплавов на его основе при повышении температуры имеет аналогичный харак-

тер. При 300°C предел прочности Cu , Cu-SiO_2 , $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$, Cu-ZrO_2 и Cu-HfO_2 равен 7,5; 8,7; 10,1; 13,6 и 11,5 кгс/мм², а при 700°C — 0,3; 2,3; 2,7; 3,2 и 4,2 кгс/мм² соответственно. Предел прочности дисперсно-упрочненной меди при 700°C в 8–14 раз выше, чем у меди.

Характер изменения относительного удлинения никеля и меди и сплавов на их основе с повышением температуры, как видно из рис. 2, различен. С повышением температуры относительное удлинение никеля и меди увеличивается, а дисперсно-упрочненных сплавов уменьшается, что является проявлением стабилизирующего действия дисперсных окислов на разупрочняющие процессы. В работе [3] наблюдалось такое явление при исследовании ТД-никеля (никеля, упрочненного двуокисью тория).

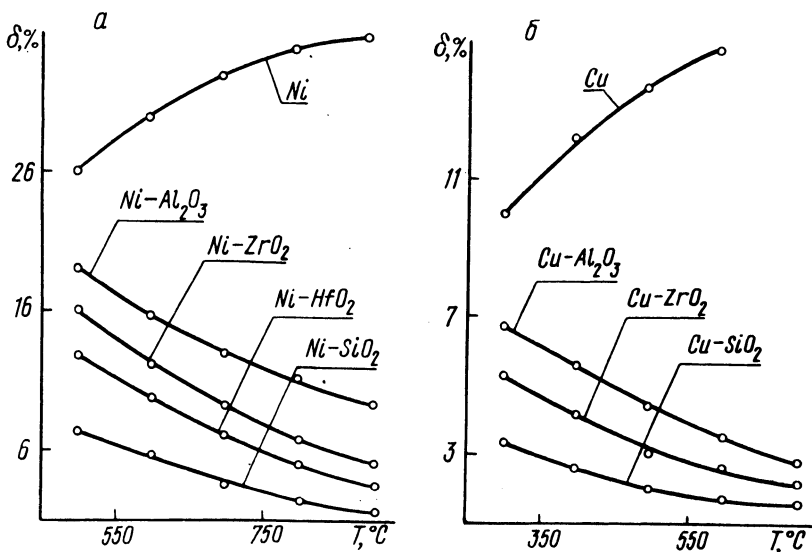


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения (δ , %) от температуры испытания (t , $^{\circ}\text{C}$): а, б — дисперсно-упрочненный никель и медь соответственно.

Из рис. 2 видно, что с увеличением термодинамической устойчивости упрочняющих окислов относительное удлинение сплавов уменьшается. Исключение составляет SiO_2 , что может быть объяснено его большей, чем других окислов, объемной концентрацией в сплаве.

Для сравнения длительной прочности определяли время до разрушения образцов при напряжении 3 кгс/мм² и температуре 800°C для сплавов на основе никеля и при температуре 450°C для сплавов на основе меди.

Испытания проводили на установке (рис. 3), состоящей из захватов 1 (из стали ЭИ 893), в которых закрепляется образец 2, нагревательного устройства 3, станины 8 с рычагом 5, к которому, с одной стороны, крепится захват, а с другой — тяга 6 с грузом 7. При достижении в печи необходимой температуры равновесие рычага регулируется перемещением гайки 4, а затем устанавливается груз.

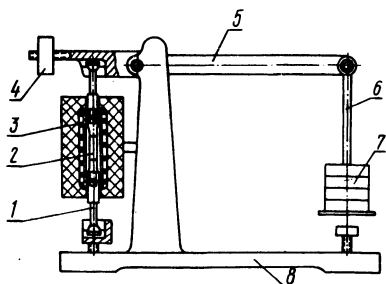


Рис. 3. Схема установки для испытания на длительную прочность.

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что наиболее высокие показатели длительной прочности (время до разрушения образца) имеет никель, упрочненный окислами гафния и алюминия, и медь, упрочненная окислами гафния и кремния. Сравнительно низкая прочность сплава никеля с двуокисью кремния объясняется его коагуляцией, большой скоростью диффузии, растворением в никеле при 800°C [2].

О-теплостойкости полученных прокаткой порошков материалов судили по их микротвердости, измеренной в интервале температур от 20 до $900-1100^{\circ}\text{C}$. Измерение производили на установке ИМАШ-9. Предварительно шлифованные и полированные

Таблица 1. Результаты испытания на длительную прочность материалов, прокатанных из порошков

Материал	Время до разрушения образца, ч	Относительное удлинение, %
Ni	16,5	3,7
Ni - SiO ₂	82	3,7
Ni - ZrO ₂	119	4,3
Ni - α - Al ₂ O ₃	388	4,0
Ni - HfO ₂	472	2,0
Cu	2	5
Cu - ZrO ₂	53	4
Cu - α - Al ₂ O ₃	109	3,7
Cu - SiO ₂	156	3
Cu - HfO ₂	182	1,7

ные образцы нагревали при остаточном давлении 10^{-4} мм.рт.ст. пропуская через них электрического тока. В поверхность нагретого образца вдавливали (50 гс) индентор с алмазным наконечником (четырёхгранная пирамида с углом 136° между противоположными гранями). Диагонали отпечатков измеряли с помощью прибора ПМТ-3 [4].

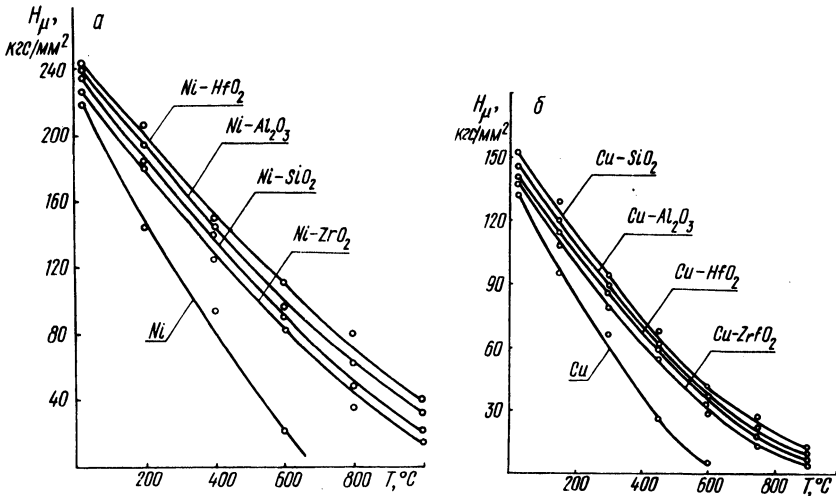


Рис. 4. Зависимость микротвердости (H_μ , кгс/мм²) от температуры испытания (t , °C): а, б — дисперсно-упрочненный никель и медь соответственно.

Из приведенных на рис. 4 данных видно, что при комнатной температуре микротвердость всех исследуемых материалов, в том числе никеля и меди, различается незначительно. С увеличением же температуры нагрева микротвердость дисперсно-упрочненных сплавов снижается менее интенсивно, чем никеля и меди.

Резюме. Показана возможность получения лент дисперсно-упрочненных материалов с присущими им механическими свойствами при высоких температурах методом непосредственной прокатки порошков.

В интервале температур $500\text{--}900^\circ\text{C}$ в сплавах на основе никеля и $300\text{--}700^\circ\text{C}$ в сплавах на основе меди наибольшую степень упрочнения дает двуокись гафния, однако окислы алюминия (α -фаза) и кремния также оказывают достаточно большое упрочняющее влияние.

Л и т е р а т у р а

1. Северденко В.П., Ложечников Е.Б., Баек М.А. Получение и исследование порошков дисперсно-упрочненных ком-

позиций на основе никеля и меди. -- "Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук", 1970, № 2. 2. Сергеев В.М., Березуцкий В.В. Влияние природы окислов на скорость роста дисперсных частиц в никеле. -- "Порошковая металлургия", 1967, № 8. 3. Wolf S.M. Properties and applications of dispersion-strengthened metals. -- "Journal of Metals", vol. 19, 1967, N 6. 4. Глазов В.М., Вигдорович В.Н. Микротвердость металлов и полупроводников. М., 1969.

УДК 621.98.048

В.П. Северденко, акад. АН БССР,
 проф., В.С. Пашенко, канд. техн.
 наук, В.И. Василевич, канд. техн.
 наук

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ МАТРИЦЫ НА ПРОЦЕСС ВЫТЯЖКИ НА 2-ОМ ПЕРЕХОДЕ С РАДИАЛЬНЫМИ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

Для определения влияния угла конусности матрицы φ на эффективность применения при вытяжке радиальных ультразвуковых колебаний изготовлены матрицы с диаметром отверстия 23 мм и с углами конусности 45° , 30° и 12° . Для сравнения проводили эксперименты по вытяжке стаканов в обычных условиях и с ультразвуковыми колебаниями. Заготовками служили стаканы из стали 08КП диаметром 30 мм, полученные вытяжкой из листа толщиной 1,0 мм с коэффициентом вытяжки 0,518. При вытяжке с ультразвуком амплитуда колебаний в момент максимального усилия равнялась 0,007 мм. Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, при вытяжке в матрице с $\varphi = 45^\circ$ с радиальными ультразвуковыми колебаниями происходит снижение усилия вытяжки на 28,8%. При вытяжке в матрице с $\varphi = 30^\circ$ наблюдается снижение усилия вытяжки на 26% и при этом у 60% получаемых стаканов обрывается дно. При вытяжке

Таблица 1. Влияние угла конусности матрицы на усилие вытяжки с радиальными ультразвуковыми колебаниями стали 08КП на 2-ом переходе

φ , град	Усиление вытяжки без УЗК, кгс	Усиление вытяжки с УЗК, кгс	Снижение усилия вытяжки, %	Количество обрывов стаканов, %
45	2210	1570	28,8	-
30	2160	1600	26,0	60
12	2120	-	-	100