

УДК 621.778.04:621.9.047.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СТУПЕНЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБЧАТЫХ
УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛНОВОДОВ

ДАЙ ВЭНЬЦИ¹, А. Ю. КОРОЛЁВ², Ю. Г. АЛЕКСЕЕВ¹

¹Инновационный международный центр
научно-образовательного и коммерческого сотрудничества «Дело»

²Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»
Минск, Беларусь

Концентраторы-волноводы, в том числе ступенчатые концентраторы-волноводы трубчатого типа (СКВТТ), для разрушения тромбов в кровеносных сосудах изготавливаются из коррозионно-стойкой аустенитной стали 12Х18Н9 [1]. Данная сталь достаточно хорошо поддается обработке давлением. Повышение пластичности этой стали добиваются закалкой при температуре 1150 °С в воду. При нагреве происходит растворение карбидов хрома в аустените. Выделение их из аустенита при закалке исключено, т. к. скорость охлаждения велика. Никель обеспечивает хорошую пластичность стали.

Для формирования ступенчатых поверхностей СКВТТ выбран процесс безоправочного волочения трубки при комнатной температуре. Проверка маршрута волочения (пять проходов с шагом 0,1 мм тонкостенной (0,25 мм) трубки малого диаметра (1,5 мм) с целью формообразования ступенчатых поверхностей СКВТТ диаметрами 1,3 и 1,0 мм с точностью геометрических размеров рабочих поверхностей по 7-му качеству и с одновременным упрочнением материала) выполнялась по коэффициенту запаса прочности, а напряжение на выходе из волоки – по формуле Е. Зибеля. Трубку предварительно закаляли при температуре 1150 °С в воду.

Зависимости, характеризующие влияние расчетных и экспериментальных значений усилия волочения от характеристик деформации (относительного обжатия ε и коэффициента вытяжки μ), представлены на рис. 1, а, б.

При увеличении ε с 0,08 до 0,21 происходит повышение усилия волочения в 1,5 раза, а коэффициент запаса прочности снижается с 1,7 до критического значения 1,0. Таким образом, следует остановиться на более мягких режимах волочения с ε до 0,12 и с μ до 1,13. Полученные экспериментальные значения усилия волочения хорошо согласуются с расчетными. Микротвердость стали увеличивается с 234 МПа (исходное состояние) до 300 МПа при $\varepsilon \sim 0,10$ и $\mu \sim 1,10$ и до 340 МПа при $\varepsilon \sim 0,20$ и $\mu \sim 1,25$ (рис. 1, в, г).

Способность стали к деформационному упрочнению определяется экспериментально при испытаниях на растяжение. Исходный предел прочности составляет 597 МПа, а после волочения его среднее значение – 800 МПа. Таким образом, степень упрочнения материала в среднем составляет 1,35.

Микроструктура исходного образца представляет собой, преимущественно, равноосный аустенит в виде зерен, имеющих правильные полигональные

границы с отсутствием двойников с размерами зерна 10...15 мкм (рис. 2, а). Холодная деформация характеризуется изменением формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного течения металла.

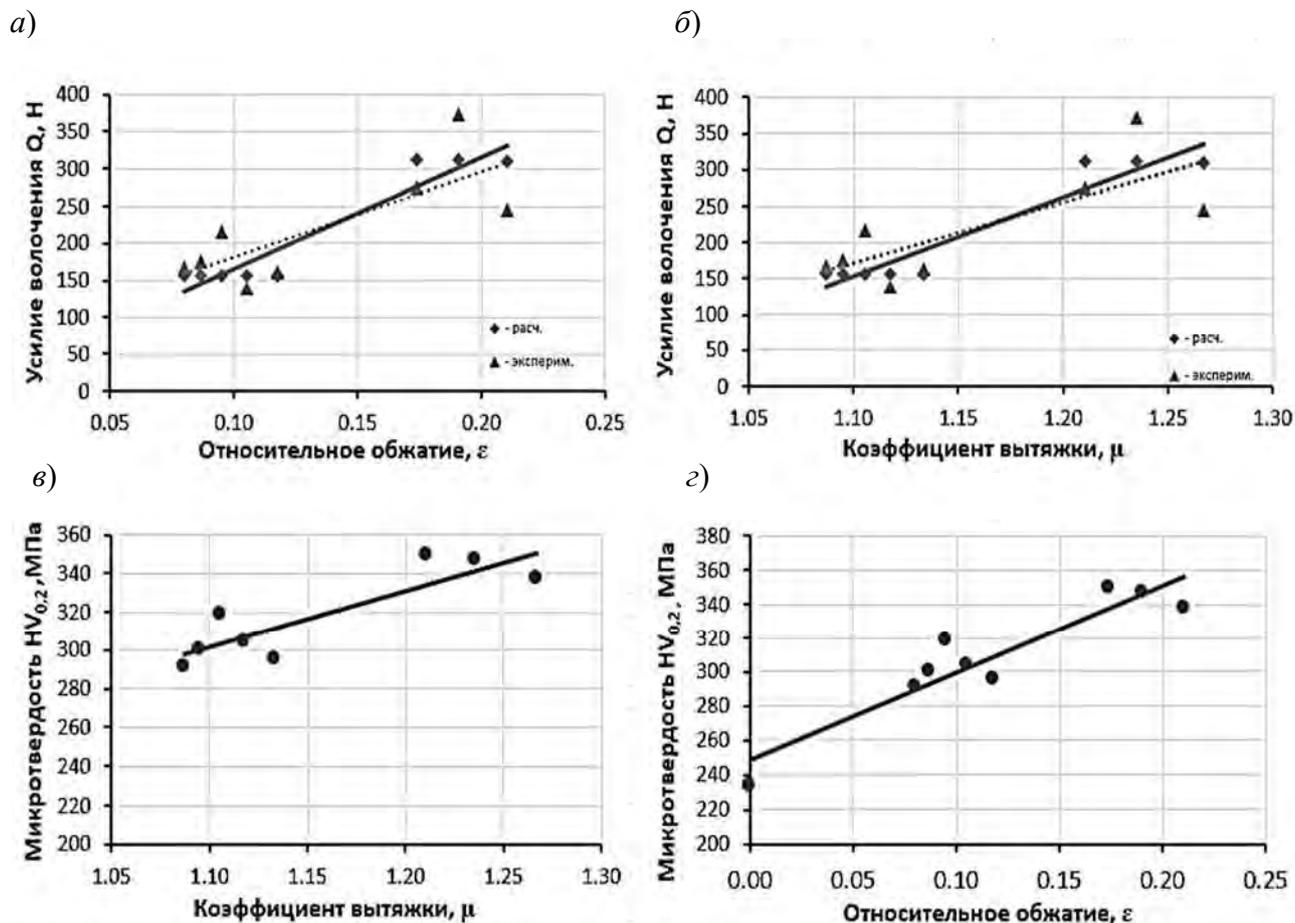
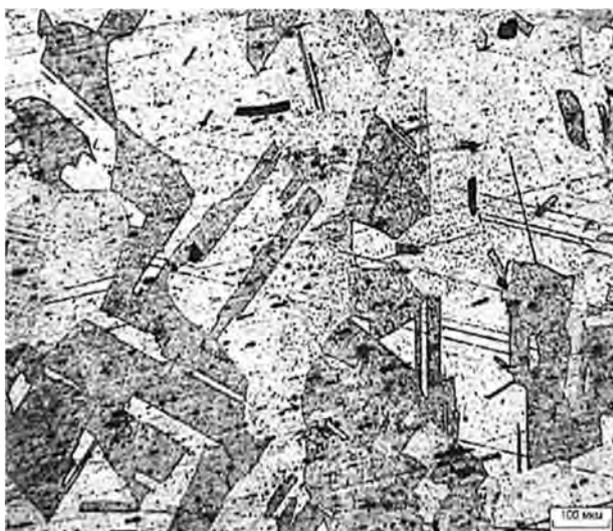


Рис. 1. Зависимости усилия волочения Q и микротвердости $HV_{0.2}$ от относительного обжатия ε (а, в) и коэффициента вытяжки μ (б, г)

Пластическая деформация происходит в результате скольжения и двойникового (поворот одной части кристалла в положение симметричное другой его части), что характерно для металлов с гранцентрированной кубической решеткой – аустенитным сталям. Наиболее выраженное изменение структуры наблюдается при ε 0,17...0,21. С ростом ε от 0,21 до 0,44 количество двойников увеличивается. Размеры зерен при этом составляют: в продольном направлении – 8...11 мкм, в поперечном – 2,5...4,8 мкм (рис. 2, б). Зерна приобретают не эллипсоидную (как при прокатке), а волнообразную форму, которая получается вследствие удлинения зерна в направлении волочения и одновременного изгиба по типу вращения вокруг оси трубы. Свой вклад в упрочнение материала трубки вносит и аустенитно-мартенситный переход, который происходит в процессе деформации. Так, процент мартенсита с ОЦК-решеткой может вырасти на 40 % при $\varepsilon = 0,44$.

а)



закалка 1150 °С, ×50

б)

 $\varepsilon = 0,27$, ×50

Рис. 2. Микроструктура образцов до и после волочения (×50)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексная технология изготовления изделий медицинской техники, основанная на пластическом деформировании и физико-технических методах / Ю. Г. Алексеев [и др.] // Литье и металлургия. – 2005. – № 4. – С. 180–187.