

## СНИЖЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В НАПЛАВЛЕННОМ СЛОЕ ПУТЁМ ЕГО ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

А.Ю. Арляпов, А.О. Бознак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: arlyapov@tpu.ru

## REDUCTION OF RESIDUAL STRESSES IN CLAD LAYER BY SURFACE PLASTIC DEFORMATION

A.Yu. Arlyapov, A.O. Boznak

National Research Tomsk Polytechnic University,  
Russia, Tomsk, Lenina avenue, 30, 634050  
E-mail: arlyapov@tpu.ru

**Annotation.** *The paper presents a method to lower residual stresses generated in components after outer surface cladding. This method expands technological capabilities of cladding for precision components repair.*

Ремонт изношенных деталей типа втулок и колец наплавкой с последующей механической обработкой наплавленного слоя является распространённой технологией восстановления. При восстановлении детали наплавкой происходит изменение ее размеров и коробление, что приводит к потере точности ремонтируемого изделия. В наплавленном слое и в остальной части детали возникают остаточные напряжения, а при последующей механической обработке любой поверхности, включая наплавленный слой, происходит потеря равновесия напряженного состояния, перераспределение напряжений и, как следствие, деформация восстановленной детали. Для повышения точности ремонтируемого изделия необходимо снижать уровень остаточных напряжений, полученных при восстановлении наплавкой. Из литературы [1] известно, что наложение малых пластических деформации на изделия с остаточными напряжениями может существенно снижать уровень этих напряжений. В данной статье рассмотрен метод уменьшения остаточных напряжений путем поверхностного пластического деформирования наплавленного слоя обкаткой роликом.

Эксперименты проводили на четырех образцах из стали 20. Эскиз экспериментальных образцов приведен на рисунке 1. Наружная цилиндрическая поверхность подвергалась наплавке, толщина наплавленного слоя составляла 3,5 мм. Наплавку выполняли в среде защитных газов (Ar 99% + O<sub>2</sub> 1%) проволокой SW146 на следующих режимах: сварочный ток – 200 А; напряжение – 23,4 В; скорость наплавки – 6 мм/мин; расход газа – 10 л/мин; вылет проволоки – 24 мм. Химический состав проволоки SW146 и некоторые механические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав и механические свойства сварочной проволоки SW146

C	Si	Cr	Ni	Mn	Fe
0,1	0,80	18,50	8,50	8,50	основа
Предел прочности $\sigma_B > 600$ МПа					
Предел текучести $\sigma_T > 370$ МПа					

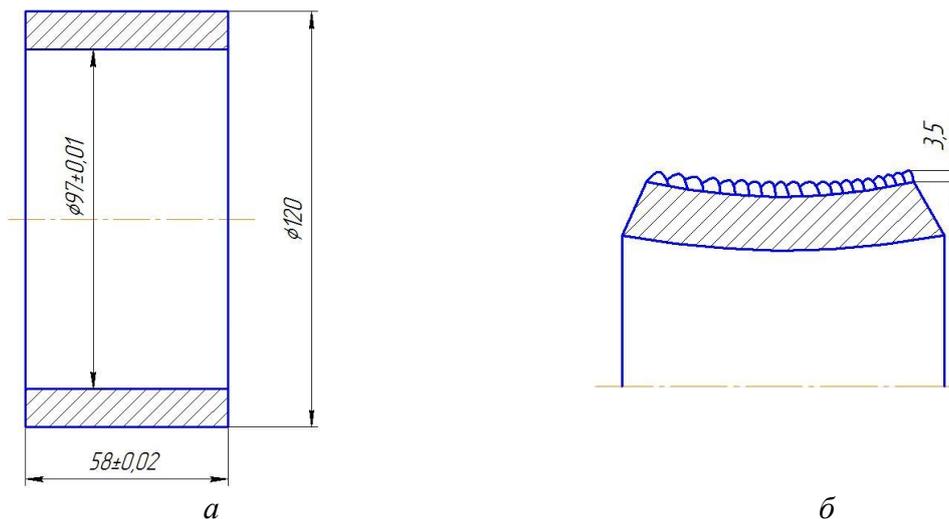


Рис. 1. а – эскиз экспериментального образца; б – наплавленный слой и деформации, вызванные наплавкой (коробление)

В двух образцах после наплавки определяли окружные остаточные напряжения упрощённым методом Н.Н. Давиденкова путем разрезки образцов [2]. Оставшиеся два образца использовали для снятия напряжений путем обкатки роликом наплавленного слоя, после чего напряжения определяли по той же методике.

Перед обкаткой роликом наплавленный слой протачивали, удаляя волнистость, сформированную наплавкой. Обкатку выполняли на токарном станке 16К20 с применением в качестве СОЖ индустриального масла И20 со следующими параметрами: радиус ролика – 1,5 мм; скорость обкатки – 30 м/мин; обкатку осуществляли за 3 прохода, используя на первых двух ходах подачу 0,21 мм/об, а на последнем – 0,07 мм/об, усилие  $P_y$  составляло 700 Н. Процесс обкатке приведен на рисунке 2.

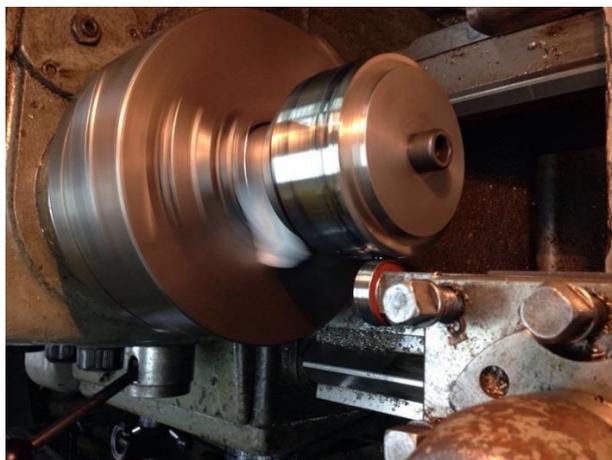


Рис. 2. Процесс обкатки на станке

График распределения окружных остаточных напряжений приведен на рисунке 3.

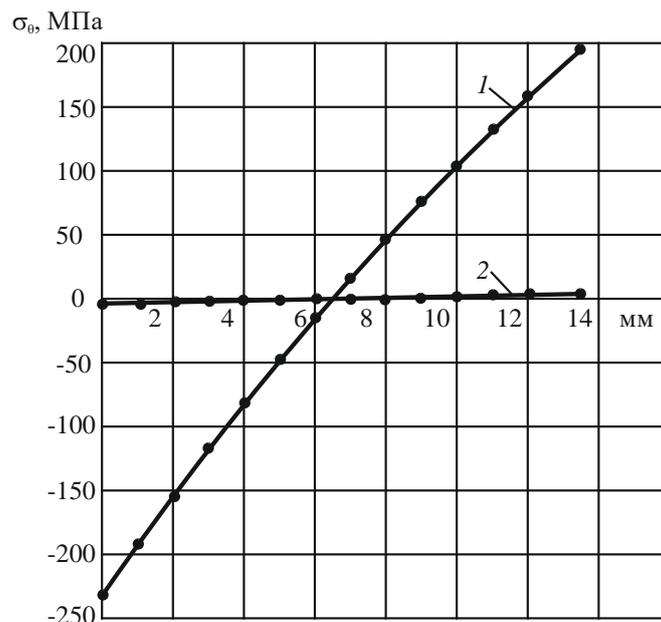


Рис. 3. Распределение остаточных окружных напряжений в образцах:  
1 – после наплавки; 2 – после наплавки и обкатки роликом

Из рисунка 3 видно, что для образцов, не подвергнутых обкатке роликом, окружные остаточные напряжения в области, прилегающей к наружной поверхности, являются растягивающими и их максимальные значения достигают 200 МПа, а вблизи поверхности отверстия являются сжимающими и их максимальные значения не превышают 250 МПа. Из рисунка 3 также следует, что применение обкатки наружной поверхности существенно снизило уровень остаточных напряжений, где максимальные растягивающие напряжения не превышают 4 МПа.

В заключении следует отметить, что предложенный метод снижения уровня остаточных напряжений может эффективно использоваться, особенно в случаях, когда есть ограничения по применению отжига.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бознак А.О. Управление остаточными напряжениями при дорновании отверстий в толстостенных цилиндрах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / Бознак Алексей Олегович. – Томск, 2018. – 16 с.
2. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю., Бознак А.О., Оголь И.И. Применение метода Н.Н. Давиденкова для оценки окружных остаточных напряжений в обработанных дорнованием полых цилиндрах // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 4. – С. 65–70.