

УДК 669.017: 621.73

О ВЛИЯНИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПОВЕДЕНИЕ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ И СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ

И.В. Дощечкина, доц., к.т.н., И.С. Татаркина, ассист., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Проанализировано влияние различных способов поверхностной обработки на поведение стальных изделий при растяжении и их механические свойства.

Ключевые слова: механическая обработка, химико-термическая обработка, поверхность, диаграмма растяжения, прочность, пластичность.

ПРО ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВОЇ ОБРОБКИ НА ПОВЕДІНКУ В ПРОЦЕСІ РОЗТЯГАННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ВИРОБІВ

І.В. Дощечкіна, доц., к.т.н., І.С. Татаркіна, асист., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проаналізовано вплив різних способів поверхневої обробки на поведінку виробів у процесі розтягання та їх механічні властивості.

Ключові слова: механічна обробка, хіміко-термічна обробка, поверхня, діаграма розтягання, міцність, пластичність.

ABOUT THE INFLUENCE OF SURFACE TREATMENT ON THE CONDUCT AT TENSION AND MECHANICAL PROPERTIES OF PRODUCTS

I. Doschechkina, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), I. Tatarkina, T. Asst., Ph. D. (Eng.),
Kharkov National Automobile and Highway University

Abstract. The influence of various methods of surface treatment on the conduct of products at tension and their mechanical properties is investigated.

Key words: machining treatment, thermochemical treatment, surface, diagram of tension, strength, plasticity.

Введение

Известно, что поверхность играет определяющую роль в деформации и разрушении твердого тела. Большинство деструктивных процессов начинается именно в поверхностном слое: износ, зарождение усталостной трещины, коррозия. Это дало основание рассматривать поверхностные слои нагруженного твёрдого тела как самостоятельную подсистему, поведение которой в процессе деформации оказывает значительное влияние на механические характеристики изделия в целом. Состояние поверхности можно изменить различными способами: механической

или химико-термической обработкой, поверхностной закалкой, нанесением покрытий, пластической деформацией и др.

К настоящему времени обработка поверхности, в основном, все еще рассматривается как способ повышения специальных эксплуатационных характеристик. Что же касается влияния тонких поверхностных слоев на поведение при растяжении и механические свойства массивных (приближающихся к реальным изделиям) образцов, то таких исследований очень мало, они весьма противоречивы, но представляют несомненный интерес с научной и практической точки зрения.

Анализ публикаций

Согласно современным представлениям свободная поверхность является видом плоского дефекта в кристаллах и оказывает значительное влияние на деформацию и разрушение изделия в целом.

В работах [1, 2] предлагается рассматривать твёрдое тело, подвергающееся воздействию внешних усилий, как самостоятельную подсистему и особенное состояние вещества. В рамках такого подхода поверхностные слои любого нагруженного изделия играют важную функциональную роль и радикально влияют на масштабные уровни его деформации и разрушения.

В обзоре работ [3] также отмечается, что обработка поверхности влияет на характер кривой растяжения, на процессы хрупкого и усталостного разрушения.

Различие в характере деформационных кривых поверхностного шара и центральной части образца при растяжении отмечается и в других исследованиях [4–6].

Автор [7] указывает на изменение механических свойств заготовки в процессе её изготовления, т.е. под воздействием механической обработки.

В работе [8] отмечается снижение предела текучести образцов после различных видов механической обработки. Авторами зафиксировано разупрочнение материала после электролитического полирования.

Поверхностный упрочнённый слой зачастую создаётся химико-термической обработкой. В работе [9] сделан вывод, что цементационный слой охрупчивает изделие, а влияние азотирования различно для малоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей.

Существуют работы, в которых не выявлено влияние состояния поверхности на поведение изделий под нагрузкой и их свойства [10]. Анализ литературных источников показал, что вопрос влияния генезиса поверхностного слоя, его толщины на изменение механических характеристик изделия в целом требует дальнейших исследований.

Цель и постановка задачи

Изучить влияние различных видов механической и химико-термической обработок на поведение при растяжении и уровень механических свойств стандартных образцов из широко распространенных конструкционных сталей.

Материал и методики исследования

Испытаниям на растяжение подвергали цилиндрические образцы Ø 10 из отожженной стали 20 после шлифования, механического и электрохимического полирования. Основным контролируемым параметром выбрана характеристика шероховатости R_a – среднее арифметическое отклонение профиля. Среднее значение R_a после шлифования составляло 1,6 мкм, после механического полирования – 0,31 мкм, после электрохимического полирования – 0,056 мкм. Испытанию на растяжение подвергали также стандартные разрывные образцы Ø 10 мм из стали 40Х после улучшения, а также улучшения и последующего азотирования на глубину 0,08, 0,25 и 0,35 мм

Для оценки показателей прочности и пластичности проводили испытания образцов на одноосное растяжение на электромеханической машине UIT-STM-50 в соответствии со стандартами ISO 689284 та ASTM E8. Механические характеристики (σ_b , $\sigma_{0,2}$, δ , ψ , HRC, HBW HV₅) определялись по стандартным методикам.

Результаты исследований

В табл. 1 приведены численные значения показателей прочности и пластичности образцов из отожженной стали 20 после различных видов механической обработки их поверхности.

Таблица 1 Результаты испытаний образцов из стали 20 после механической обработки

Шлифование: $R_a = 1,6$ мкм; $HV_5 = 122$	460	260	32	64
Полирование: $R_a = 0,31$ мкм; $HV_5 = 133$	465	250	33	63
Электрохимическое полирование: $R_a = 0,056$ мкм; $HV_5 = 103$	455	245	33	63

Результаты свидетельствуют, что механическое полирование, по сравнению со шлифованием, незначительно (на 4,5 %) повышает временное сопротивление. Электрохимическое полирование, наоборот, приводит к падению характеристик прочности. Характеристики пластичности остались неизменными независимо от поверхностной обработки.

Максимальная твердость поверхностных слоев регистрировалась после механического полирования (133HV_5), минимальная – после электрохимического полирования (103HV_5), что можно объяснить наклепом поверхности при механическом полировании и снятием упрочненного слоя при электрополировке. Как результат, понижаются и твердость, и прочность.

Небольшой прирост прочности после полирования объясним как наклепом, так и снижением шероховатости. Однако шероховатость поверхности и залечивание дефектов, имеющие место при полировании и особенно при электрополировании, являются второстепенными факторами, влияющими на поведение изделия под нагрузкой. Об этом свидетельствует уменьшение характеристик прочности после электрохимического полирования, несмотря на значительное улучшение чистоты поверхности.

На рис. 1 приведены диаграммы растяжения образцов из стали 40X после улучшения, а также улучшения и последующего азотирования на глубину 0,08, 0,25 и 0,35 мм. Из рисунка следует, что глубокие слои азотирования (0,25 и 0,35 мм) приводят к резкому охрупчиванию образцов (кривые 3, 4).

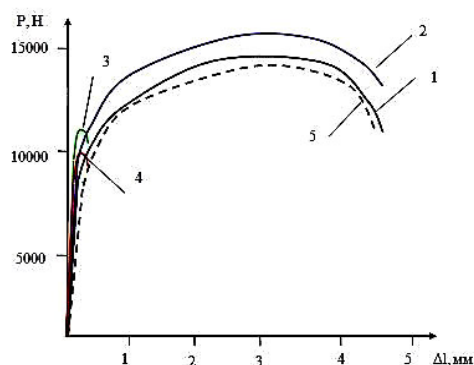


Рис. 1. Зависимость напряжение – деформация для образцов из стали 40X: 1 – улучшение; 2 – азотированный слой 0,08 мм; 3 – 0,25 мм; 4 – 0,35 мм; 5 – снятый слой

Азотирование на малую глубину (0,08 мм) несколько повышает прочность при сохранении большой пластичности (кривая 2), отвечающей уровню образца, не подвергавшегося химико-термической обработке (кривая 1). После снятия азотированного слоя механические характеристики соответствуют показателям после улучшения (кривая 5). Таким образом, азотирование на глубину $h \leq 0,08$ мм не снижает конструктивной прочности изделия.

Вид изломов (рис. 2) свидетельствует, что образцы после улучшения, а также образцы с удалённым слоем азотирования разрушаются вязко (а, б). У образцов после азотирования на глубину 0,08 мм наблюдается смешанный излом (в), а образцы после азотирования на значительную глубину (0,25 и 0,35 мм) разрушаются абсолютно хрупко (г, д).

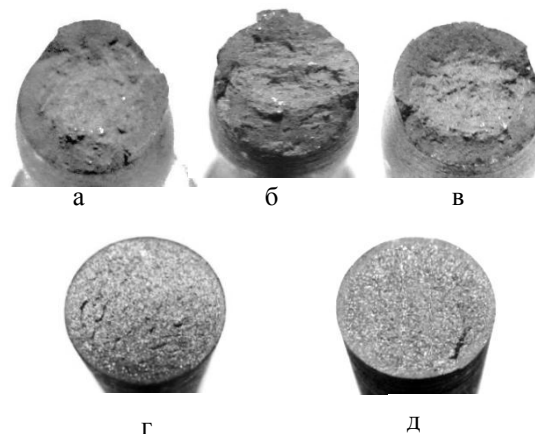


Рис. 2. Изломы разрывных образцов: а – после улучшения; б – со снятым слоем азотирования; в – азотированный слой 0,08 мм; г – 0,25 мм; д – 0,35 мм

Оценивая соотношение площади упрочнённого слоя к площади сечения всего образца, можно отметить следующее: если азотированный слой не превышает определённого процента общей площади образца, то он разрушается вязко. Большая толщина азотированного слоя охрупчивает изделие.

Выводы

Различные виды механической обработки мало влияют на изменение механических свойств изделия при растяжении. Даже электрополирование, обеспечивающее значительное уменьшение шероховатости поверхности и залечивание дефектов, не приводит к повышению характеристик пластичности при деформации.

Характер и эффект изменения свойств при растяжении азотированных образцов зависит от толщины слоя. Слой 0,25 мм приводит к снижению прочности, потере пластичности и хрупкому разрушению. При азотировании на малую глубину (0,08мм) увеличивается прочность при сохранении высокой пластичности, т.е. повышается конструкционную прочность.

Литература

1. Алехин В.П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов / В.П. Алехин. – М.: Наука, 1983. – 280 с.
2. Panin V.E. Multilevel wave model of a deformed solid in physical mesomechanics / V.E. Panin, Yu.V. Grinyaev, A.V. Panin, S.V. Panin // Multiscaling in Applied Science and Emerging Technology. Fundamentals and Applications in Mesomechanics: Proceedings of the Sixth International Conference for Mesomechanics. – 2004. – P. 335–342.
3. Степанов А.В. Явления искусственного сдвигообразования / А.В. Степанов // Журнал технической физики. – 1948. – Т. 18. – С. 741–78.
4. Алёхин В.П. О причинах аномальной пластичности в поверхностных слоях кристаллов при деформации / В.П. Алёхин, О.В. Гусев, М.Х. Шоршоров // Физическая и химическая обработка материалов. – 1969. – №6. – С. 50–54.
5. Иванова В.С. Особенности поведения поверхностного слоя металлов при различных видах нагружения / В.С. Иванова, В.Ф. Терентьев // Физика и химия обработки материалов. – 1970. – №1. – С. 79–86.
6. Иванова В.С. Влияние более раннего течения поверхностного слоя на упрочнение и разрушение металлов и сплавов / В.С. Иванова, В.Ф. Терентьев, В.Г. Пойда // Металлофизика. – 1972. – №43. – С. 63–72.
7. Мухин В.С. Инженерия поверхности деталей машин / В.С. Мухин, А.М. Смыслов // Вестник УГАТУ. – 2009. – Т.12. – №4(33). – С. 106–112.
8. Гурьев А.В. О влиянии состояния поверхностного слоя образцов на величину экспериментально определяемого предела упругости / А.В. Гурьев, В.И. Водопьянов // Заводская лаборатория. – 1971. – №9. – С. 124–126.
9. Пономаренко І.В. Підвищення конструктивної міцності сталевих виробів шляхом поверхневого наноструктурування іонним бомбардуванням : автореферат дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.02.01 «Матеріалознавство» / І.В. Пономаренко. – Харків, 2011. – 21 с.
10. Gilman J. Surface Effects in the Slip and Twinning of Metal Monocrystals / J. Gilman // Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers. – 1952. – Vol. 194. – P. 875–883.

Рецензент: В.И. Мощенко, профессор, к.т.н., ХНАДУ.