

УДК 621.757(088.8)

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СБОРКИ КЛЕПАНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ

© 2012 С.Д. Шапошников, И.В. Малкина

Самарский государственный технический университет

Проведен анализ влияния ультразвука на процесс пластической деформации материалов при сборке клепаных соединений. Рассмотрены возможности повышения качества сборочных соединений.

Ключевые слова: амплитуда колебаний, ультразвуковые колебания, пластическая деформация, клепаные соединения, контактные поверхности, резонансный режим

Воздействие ультразвука на процесс пластической деформации обусловлено его влиянием на контактные условия, на структуру и свойства деформируемого металла. Для определения характера воздействия ультразвука на процесс пластической деформации материалов при образовании клепаных соединений была разработана установка (рис. 1). В качестве источника ультразвуковых колебаний использовался генератор УЗГЗ-4 с номинальной выходной мощностью 4,5 кВт. Данная установка предназначена для формирования головок из стали, меди и алюминиевых сплавов, а также для запрессовки деталей [1]. Результаты испытаний образцов представлены на диаграмме (рис. 2). Показана зависимость статического усилия деформирования P от амплитуды колебаний торца концентратора A при диаметре исследуемых заклепок – 3 мм.

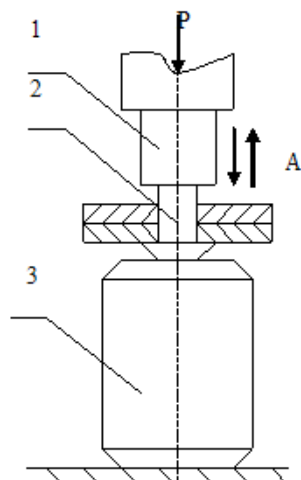


Рис. 1. Экспериментальная установка:

1 – концентратор УЗП, 2 – заклепка, 3 – массивный опорный элемент

Шапошников Сергей Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация производств и управление транспортными системами»

Малкина Ирина Валериевна, старший преподаватель кафедры «Автоматизация производств и управление транспортными системами». E-mail: Malkina_dom@mail.ru

Анализ диаграммы показал, что ультразвуковые колебания снижают величину P приблизительно в 1,5 раза и с увеличением амплитуды колебаний статическое усилие клепки уменьшается, что находится в соответствии с полученными расчетными данными. Степень снижения P объясняется изменением прочности и пластичности материала в ультразвуковом поле.

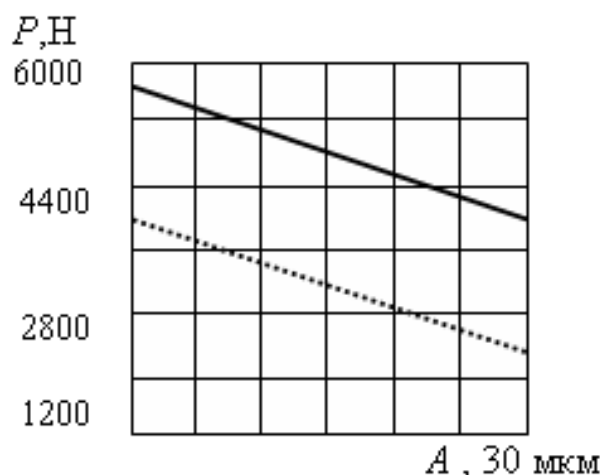


Рис. 2. Зависимость статического усилия деформации P от амплитуды колебаний торца концентратора A : сплошная линия – сталь 20, точки – сплав Д1

Исследуемые образцы соединений подвергались нагружению. На рис. 3. приведены диаграммы сжатия сплава Д16(а) и стали 45(б) при обычном нагружении и с одновременным воздействием ультразвуковых колебаний с амплитудой, изменяющейся от 4 мкм до значений, соответствующих работе системы в резонансном режиме их анализ диаграмм показал, что при сжатии материалов в ультразвуковом поле одно и том же усилие наложения ультразвуковых колебаний позволяет получить большую абсолютную деформацию, а эквивалентные деформации достигаются при значительно меньших усилиях деформирования.

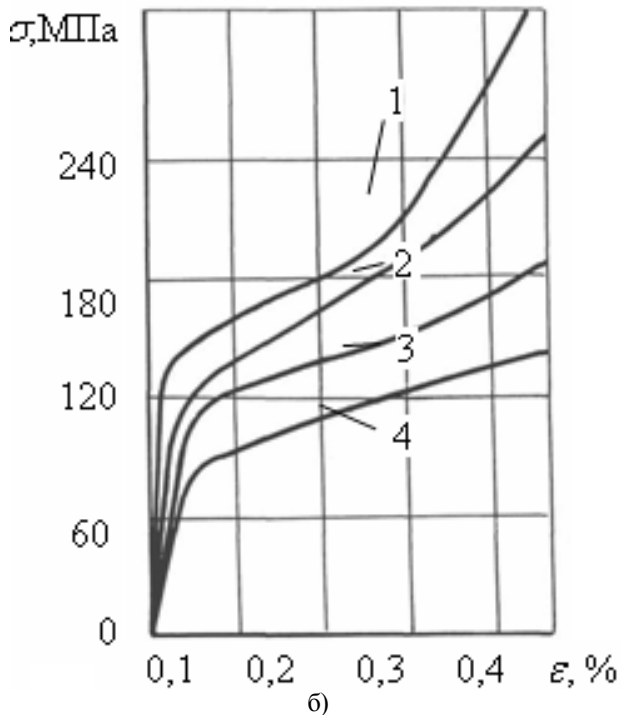
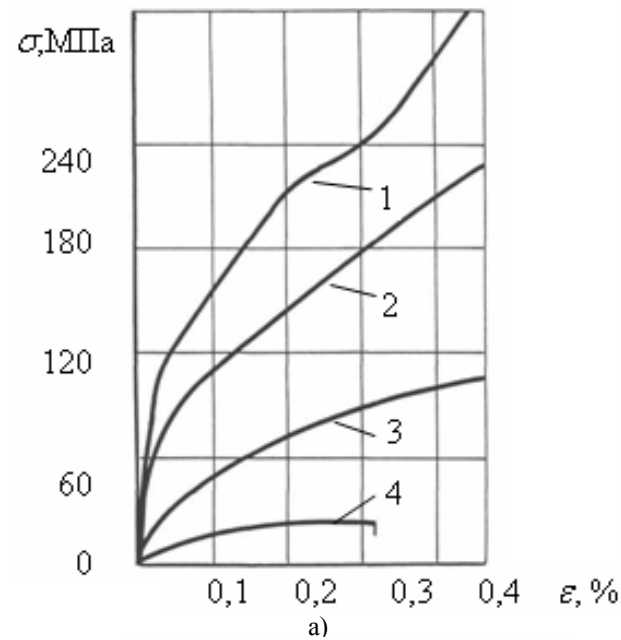


Рис. 3. Диаграмма сжатия сплава Д16 (а) и стали 45 (б): 1 – $\xi=0$; 2 – $\xi=4$ мкм; 3 – $\xi=10$ мкм; 4(а) – $\xi=16$ мкм; 4(б) – $\xi=20$ мкм

Расширение исследуемого диапазона параметров ультразвуковых колебаний позволило установить, что деформация образца с его разрушением наступает при амплитуде $\xi=16$ мкм (сплав Д16), когда он нагружается в резонансном режиме, причем деформирование сплава осуществляется при очень незначительной статической нагрузке, а разрушение происходит с образованием трещины по плоскостям с углом наклона, близким к 45° . Максимальная степень деформации образцов из стали 45 в резонансном режиме наступает при амплитуде $\xi=20$ мкм при напряжениях, в 4 раза меньших по сравнению с обычным нагружением.

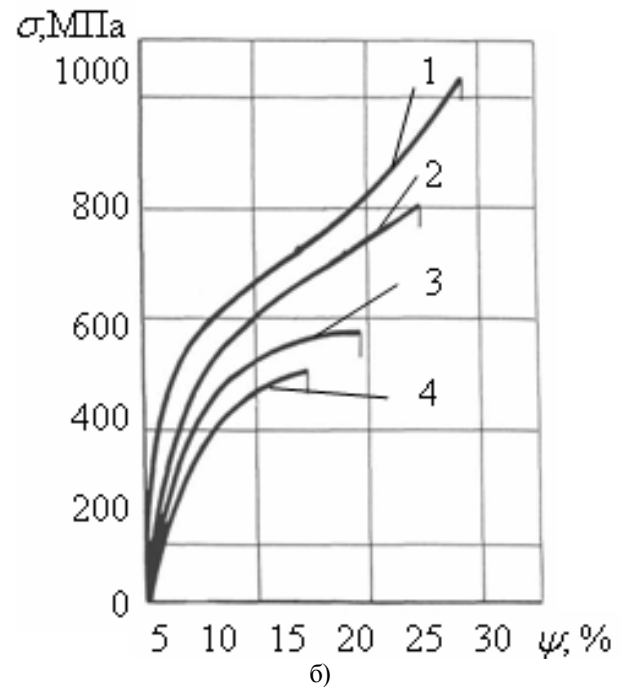
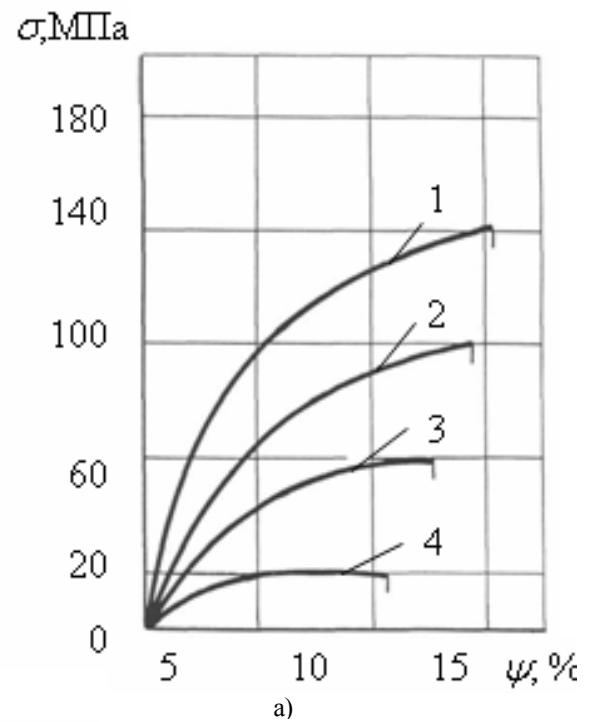


Рис. 4. Диаграммы истинных напряжений при растяжении сплава Д16 (а) и стали 45 (б): 1 – $\xi=0$; 2 – $\xi=4$ мкм; 3 – $\xi=10$ мкм; 4(а) – $\xi=18$ мкм; 4(б) – $\xi=23$ мкм

Анализ формы образцов показал, что при малых значениях амплитуд ($\xi=4$; 10 мкм) образцы деформируются с образованием выпуклой бочки, кривизна образующей которой меньше, чем при обычном нагружении. Увеличение амплитуды приводит к образованию обратной бочки, величина которой пропорциональна степени общей деформации и величине амплитуды, что характерно для деформации материалов под воздействием значительной динамической нагрузки в условиях значительного снижения сил

трения между поверхностями. Эти особенности деформирования материалов позволяют сделать вывод о том, что в диапазоне малых значений амплитуд определяющим фактором снижения сопротивления пластической деформации является воздействие ультразвука на дислокационную структуру металлов, а при больших амплитудах ведущую роль играет возрастание динамической импульсной силы, действующей на образец.

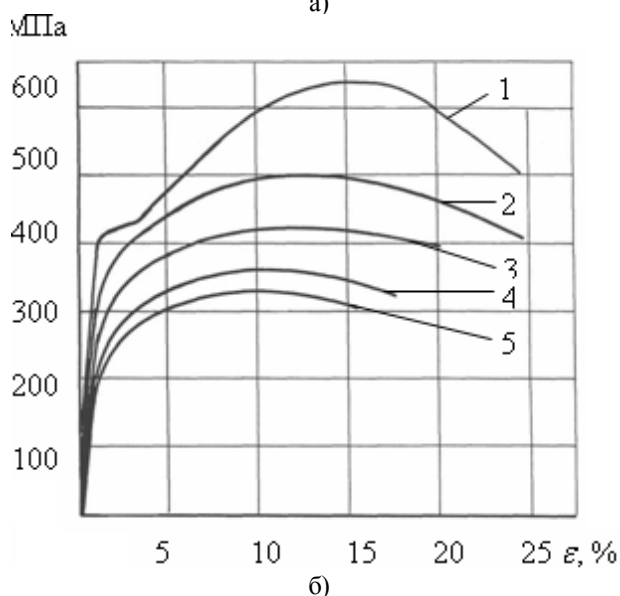
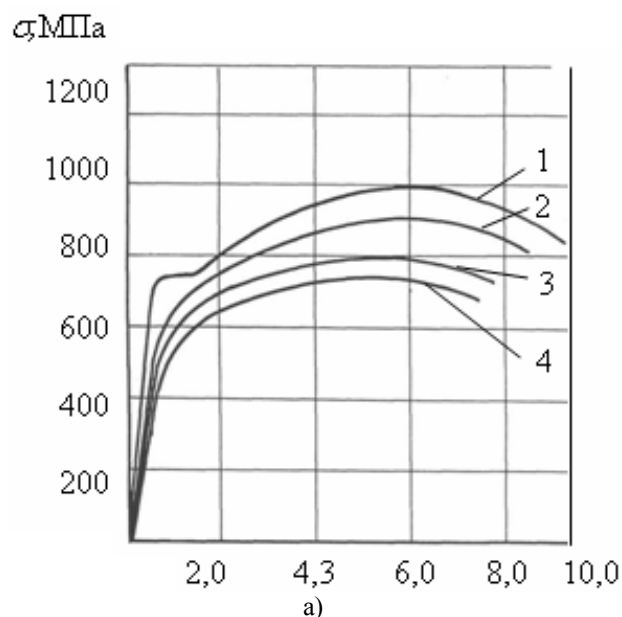


Рис. 5. Диаграммы растяжения стали 40Х (закалка + отпуск) и стали 45 (отжиг): 1 – $\xi=0$; 2 – $\xi=5$ мкм; 3 – $\xi=10$ мкм; 4 – $\xi=15$ мкм; 5 – $\xi=20$ мкм

Исследования на растяжение образцов в ультразвуковом поле устанавливают предельные значения деформаций, при которых наступает их разрушение, в зависимости от амплитуды ультразвуковых колебаний (рис. 4). Анализ диаграмм, построенных в координатах: истинные

напряжения – истинные деформации, показал, что при растяжении с воздействием ультразвука разрушение образцов из сплава Д16 наступает при амплитуде $\xi=4$ мкм при деформации $\psi=13,5\%$, при $\xi=10$ мкм – $\psi=12,5\%$.

Работа системы в резонансном режиме соответствует амплитуде $\xi=18$ мкм, при котором образец разрушается при достижении деформации $\psi=10,5\%$. Величина напряжений в этом случае в 7,2 раза меньше, чем при обычном нагружении. Аналогичная картина наблюдается при растяжении в ультразвуковом поле образцов из стали 45.

Анализ индикаторных диаграмм сила деформирования – абсолютная деформация (рис. 5) позволил оценить влияние ультразвуковых колебаний в диапазоне до 20 мкм на условные пределы текучести σ_T^y стали 40Х (закалка+отпуск при 600°) и стали 45 (отжиг) [2]. Числовые значения σ_T^y аппроксимируются выражением, структура которых предложена в работе [3]:

$$\sigma_T^y = \sigma_T^C - m\xi$$

где m – коэффициент, зависящий от материалов образцов и условий нагружения. Для стали 40Х – $m=0,8$, стали 45 – $m=9,5$.

Применение указанной зависимости показывает удовлетворительную сходимость с экспериментами для ультразвукового нагружения образцов в диапазоне амплитуд от 5 до 20 мкм. При увеличении амплитуды, а особенно нагружение при работе системы в резонансном режиме, пропорциональная зависимость между снижением сопротивления пластической деформации и амплитудой ультразвуковых колебаний нарушается, что свидетельствует о сложных физических явлениях, сопровождающих этот процесс. Сравнительный анализ результатов путем интегрирования кривых деформаций в координатах истинные напряжения – истинные деформации показал, что при деформации в ультразвуковом поле в диапазоне амплитуд 4-10 мкм сплава Д16 работа деформации снижается в среднем при нагружении образцов из сплава Д16 в 1,8-3,0 раза, а стали 45 – на 25-52%.

Введение ультразвуковых колебаний в зону соединения деталей, образованных клепкой, приводит к снижению сопротивления пластическому деформированию. Полученные результаты показывают значительное снижение усилий при формировании головок заклепок за счёт увеличения податливости материала в зоне соединения. Опытами установлено снижение статической нагрузки при деформации в несколько раз при одновременном улучшении качества

клепаного соединения. Качество ультразвуковой клепки оценивалось сравнением с заклепочными соединениями, выполненных прессовым способом. Полученные результаты показали, что ультразвуковая клепка обеспечивает прочность соединений несколько большую (приблизительно на 10%), чем прессовая клепка. Характер разрушения заклепок в обоих случаях одинаков – смятие при растягивающей нагрузке

Выводы: ультразвуковая клепка эффективна в следующих случаях: при соединении материалов с большой разницей прочностных свойств (металлов с пластмассой, деревом, волокнистыми материалами и т.д.); при формировании головок стержней с малой продольной жесткостью; при соединении мало жестких ажурных элементов конструкций. Введение ультразвуковых колебаний малой амплитуды в зону соединений деталей, образованных клепкой, приводит к снижению сопротивления пластическому

деформированию и снижает усилие при деформировании в 75-100 раз, а также улучшает эксплуатационные свойства соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Родимов, Г.А. Ультразвуковое пластическое деформирование материалов при обработке клепаных соединений / Г.А. Родимов, И.В. Малкина // Материалы международной научно-технической конференции «Высокие технологии в машиностроении». – Самара, 2008. С. 182-187.
2. Штриков, Б.Л. Влияние ультразвука на характер пластической деформации материалов при обработке клепаных соединений / Б.Л. Штриков, И.В. Малкина // Материалы международной научно-технической конференции «Высокие технологии в машиностроении». – Самара, 2005. С. 140-142.
3. Нерубай, М.С. Физико-химические методы обработки и сборки / М.С. Нерубай, В.В. Калашиников, Б.Л. Штриков. – М.: Машиностроение-1, 2005. 395 с.

ULTRASOUND APPLICATION FOR INCREASE THE QUALITY OF DETAILS RIVETED CONNECTIONS ASSEMBLY

© 2012 S.D. Shaposhnikov, I.V. Malkina

Samara State Technical University

The analysis of influence the ultrasound on process of plastic deformation the materials of assembly riveted connections is carried out. Possibilities of improvement the quality of assembly connections are considered.

Key words: *oscillation amplitude, ultrasonic oscillations, plastic deformation, riveted connections, contact surfaces, resonant mode*

Sergey Shaposhnikov, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department "Automation of Productions and Management of Transport Systems"

Irina Malkina, Senior Teacher at the Department "Automation of Productions and Management of Transport Systems". E-mail: Malkina_dom@mail.ru