

Дудников А. А.

Дудников И. А.

Беловод А. И.

Дудник В. В.

Иванкова Е. В.

*Полтавская
государственная
аграрная академия*

Dudnikov A. A.

Dudnikov I. A.

Belovod A. I.

Dudnik V. V.

Ivankova E. V.

*Poltava State Agrarian
Academy*

УДК 621.43

ВЛИЯНИЕ ДИСЛОКАЦИЙ В УПРОЧНЕНИИ ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА

Приводятся данные исследований механизма упрочнения материала деталей на основе дислокационной теории при пластическом деформировании в условиях обычного и вибрационного нагружения.

Ключевые слова: величина зерен, дислокации, прочность, степень уплотнения.

Постановка проблемы. При пластическом деформировании в процессах обработки материала деталей давлением возникают деформации, приводящие к неоднородности его напряженного состояния. При этом отдельные слои и элементы деформированного материала стремятся к различному изменению размеров, оказывая влияние на соседние слои и элементы. Слои, стремящиеся к большему изменению размеров, будут передавать слоям и элементам с меньшим изменением размеров силы такого знака, которые увеличивают изменение размеров. Слои и элементы, стремящиеся к меньшему изменению размеров, будут передавать слоям и элементам, стремящимся к большему изменению размеров, силы такого знака, которые уменьшают изменение размеров [1].

При обработке металлов деталей давлением следует стремиться к снижению неоднородности деформации, оказывающей благоприятное влияние на качество. Структура обработанного материала за счет уменьшения величины зерен способствует большему упрочнению, обеспечивает более высокие механические качества металла за счет образования в нем большего количества дислокаций.

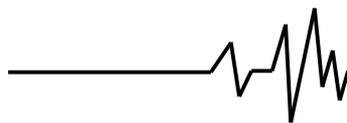
Анализ основных исследований.

Пластическую деформацию скольжения можно описать как движение линейных дислокаций вдоль плоскости скольжения под влиянием напряжений сдвига [2].

Наличие дислокаций может быть обусловлено многими причинами, одни из которых не связаны с пластической деформацией, а другие, наоборот, связаны [3].

По мнению [4] наружная дислокация разрастается до внешней поверхности блока (кристалла) или какого-либо другого барьера, а внутренняя под влиянием касательного напряжения образует новую наружную дислокацию. В процессе пластической деформации плотность (число) дислокаций увеличивается, тем самым, повышается прочность обрабатываемого материала.

При холодной обработке давлением существенно изменяются свойства металла, что оказывает большое влияние на условия протекания процесса пластической деформации. Холодное деформирование в сочетании с упрочняющими технологическими процессами является весьма перспективным и актуальным средством улучшения эксплуатационных свойств материала деталей [5]. По мнению Т.С. Скобло [6] на деформируемой поверхности проходит



накопление до 3 % малых деформаций, которые вызывают перестройку дислокационной структуры. При этом образуются дислокационные сетки. Поэтому, исследования характера дислокации при различных методах деформирования материала деталей, направленные на повышение упрочнения, а, следовательно, и их долговечности, являются актуальными.

Цель исследований. Исследование механизма зарождающихся дислокаций в материале деталей при деформировании разными методами.

Результаты исследований. В теории обработки металлов давлением вопрос о причинах упрочнения при пластическом деформировании материала деталей является одним из основных. Пластическая деформация скольжения может быть описана как движение линейных дислокаций вдоль плоскости скольжения вследствие возникающих напряжений.

Проведенные нами исследования показали, что важным фактором упрочнения является дробление зерен на фрагменты. Границы таких фрагментов характеризуются значительными нарушениями правильной кристаллической структуры и являются препятствием для распространения пластической деформации. Длина пути легкого перемещения дислокаций под действием внешних сил при фрагментации зерен значительно сокращается, число элементарных актов деформирования увеличивается, что

способствует уплотнению (упрочнению) обрабатываемого материала.

Прочность и сопротивление деформированию растут при уменьшении размеров зерен, что особенно наблюдается при вибрационном нагружении. Зоны затрудненной деформации располагаются по всем границам зерен и их упрочняющее воздействие тем больше, чем больше протяженность границ.

Протяженность границ зависит от средней величины зерен. Чем мельче зерна, тем больше протяженность границ и относительный объем зон затрудненной деформации. Металл вблизи границ будет более прочным, чем сами зерна.

Определение количества зерен на выделенной площадке производилось методом С.А. Салтыкова [6]. Было установлено, что образцы, подвергнутые вибрационному нагружению, в деформируемом слое имели число зерен $n = 7$, а образцы, обработанные обычной раздачей пустотелых образцов, имели $n = 4$. На глубине деформирования более 700 мкм образцы имели число зерен соответственно 4 и 2.

Образование большего числа более мелких зерен при вибрационном нагружении создает благоприятные условия для зарождения дислокаций, которые способствуют повышению степени деформации и упрочнению.

Данные прочностных испытаний поршневых пальцев двигателей СМД-64 и Д-240 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты прочности поршневых пальцев

Номер опыта	Разрушающая нагрузка, кН		
	новых	восстановленных вибрационным нагружением	восстановленных обычной раздачей
1	550	660	520
2	620	630	580
3	610	620	600
4	600	630	570
Среднее значение:	595	635	567

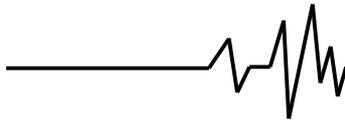
Как видно из табличных данных, среднее значение разрушающей нагрузки для новых, восстановленных вибрационным и обычным способом, соответственно, составили 595, 635 и 567 кН. Полученные результаты удовлетворяют техническим условиям на изготовление и восстановление поршневых пальцев.

Степень уплотнения цилиндрических пустотелых образцов определяли как

отношение величины уменьшения объема образцов в результате уплотнения к их объему до деформирования.

Расчетные значения степени уплотнения при угле уклона обрабатываемого инструмента (пуансона) $\beta = 11^\circ 30'$ приведенные в табл. 2.

Зависимости изменения степени уплотнения η от припуска Π и метода деформирования приведены на рис. 1.



Степень уплотнения материала образцов из стали 5 при припуске 0,5 мм в 1,09 раза выше при обычной раздаче и в 1,43 раза – при

вибрационном деформировании, чем из стали 7.

Таблица 2

Расчетные значения степени уплотнения (упрочнения)

Материал	Припуск на обработку, П мм	Степень уплотнения, η	
		вибрационное деформирование	Обычная раздача
Ст. 5	0,2	0,015	0,010
	0,4	0,024	0,022
	0,5	0,040	0,025
Ст. 7	0,2	0,012	0,008
	0,4	0,023	0,018
	0,5	0,028	0,023
Бронза	0,2	0,035	0,019
	0,4	0,047	0,030
	0,5	0,057	0,037

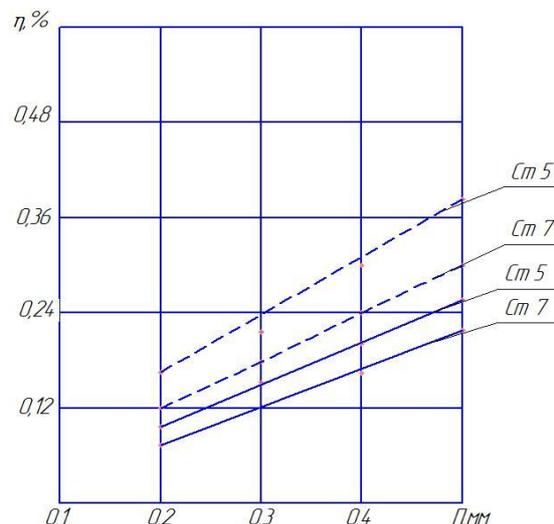


Рис. 1. Изменение степени уплотнения в зависимости от припуска и метода деформирования при $\beta = 11^\circ 30'$

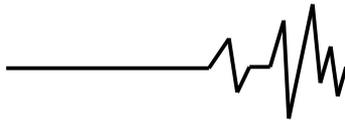
— — — обычное деформирование;
 - - - - - вибрационное деформирование

Дислокации, зарожденные в обрабатываемом материале, способствуют снижению возникающих в поверхностных слоях остаточных напряжений, которые в большинстве случаев нежелательны, поскольку ухудшают свойства металла.

Если при эксплуатации поршневых пальцев, восстановленных обработкой давлением, напряжения от внешней нагрузки в определенном их участке будет того же знака, что и остаточные напряжения первого рода, то результирующие напряжения могут превысить допустимые. При неэффективной (неправильной) технологии обработки давлением остаточные напряжения могут достигать значений, близких к пределу

текучести, что может привести к разрушению поршневых пальцев.

Проведенными исследованиями с использованием тензометрической аппаратуры установлено, что на поверхности восстановленных поршневых пальцев возникают сжимающие остаточные напряжения, составляющие: при обычной раздаче отожженных пальцев 110...125 МПа, а при обычной раздаче закаленных пальцев 380...430 МПа; при вибрационном деформировании 145...170 МПа. На глубине 150...2000 мкн они переходят в растягивающие, соответственно равны 65...70, 225...250 и 85...100 МПа. На глубине 2,1...2,3 мм напряжения переходят сжимающие, равные



соответственно 50...60, 180...200 и 75...85 МПа и уменьшаются до нуля на внутренней поверхности пальцев.

Воздействие вибрации на материал восстанавливаемых поршневых пальцев вызывает более мелкозернистую структуру по сечению по сравнению с обычной раздачей, что создаёт предпосылки для более равномерной деформации и, следовательно, увеличению дислокаций, способствующих упрочнению обрабатываемого материала деталей.

Выводы. В условиях пластического вибрационного деформирования микроструктура материала образцов (деталей) более равномерная и мелкозернистая. Образование большого количества более мелких зерен способствует появлению значительного количества дислокаций, вызывающих повышение степени деформации и упрочнение обрабатываемого материала.

Список использованных источников

1. Губкин С.Н. Пластическая деформация металлов / С.Н. Губкин. – М.: Металургиздат, 1960. – 306 с.
2. Фридель Ж. Дислокация. Пер. с франц. / Ж. Фридель. – М.: Мир, 1967. – 643 с.
3. Каттрелл А.Х. Дислокация и пластическое течение в кристаллах. Пер. с англ. / А.Х. Каттрелл. – М.: Металургиздат, 1968. – 357 с.
4. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н.Н. Малинин. – М.: Машиностроение, 1975. – 399 с.
5. Дудников А.А. Вибрационная упрочняющая обработка в технологических процессах / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.А. Келемеш, А.Г. Пасюта // Вібрації в техніці та технологіях, № 4 (80), Вінниця. 2015.
6. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей пластическим деформированием / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

Список источников в транслитерации

1. Gubkin S.N. Plasticheskaya deformatsiya metallov / S.N. Gubkin. – M.: Metalurgizdat, 1960. – 306 s.
2. Fridel ZH. dislokatsii. Per. s frants. / ZH. Fridel. – M.: Mir, 1967. – 643 s.
3. Kattrell A.KH. Dislokatsiya i plasticheskoye techeniye v kristallakh. Per. s angl. / A.KH. Kattrell. – M.: Metalurgizdat, 1968. – 357 s.
4. Malinin N.N. Prikladnaya teoriya plastichnosti i polzuchest / N.N. Malinin. – M.: Mashinostroyeniye, 1975. – 399 s.
5. Dudnikov A.A. Vibratsionnaya uprochnyayushchaya obrabotka v tekhnologicheskikh protsessakh / A.A. Dudnikov, A.I. Belovod, A.A. Kele, A. Pasyuta // Vibratsii v tekhnike i tekhnologiyakh, № 4 (80), Vinnitsa. 2015.
6. Smelyanskiy V.M. Mekhanika uprochneniya detaley plasticheskim deformirovaniyem / V.N. Smelyanskiy. – M.: Mashinostroyeniye, 2002. – 300 s.

ВПЛИВ ДИСЛОКАЦІЙ В ЗМІЦНЕННІ ОБРОБЛЮВАНОВОГО МАТЕРІАЛУ

Анотація. Наводяться дані досліджень механізму зміцнення матеріалу деталей на основі дислокаційної теорії при пластичній деформації в умовах звичайного і вібраційного навантаження.

Ключові слова: величина зерен, дислокації, міцність, ступінь ущільнення.

EFFECT OF DISLOCATIONS IN THE HARDENING OF THE MATERIAL BEING PROCESSED

Annotation. Are given the hardening mechanism of the research data of the parts based on dislocation theory for plastic deformation under normal loading and vibration.

Key words: grain size, disposition, strength, degree of compaction.