

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «ЛИТТ»

ИННОВАТИКА-2015

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XI Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
21–23 мая 2015 г.
г. Томск, Россия**

Под ред. проф. А.Н. Солдатова, доц. С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2015

ФОРМИРОВАНИЕ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРЫ В ОБЪЕМНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ МЕТОДАМИ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Т.Ю. Малеткина^{1,2}, М.С. Тосенко¹

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

²Томский государственный архитектурно-строительный университет

e-mail: tatyana_malkina@inbox.ru

FORMATION OF ULTRAFINE GRAINED STRUCTURE IN BULK METALLIC MATERIALS BY SEVERE PLASTIC DEFORMATION

T. Y. Maletkina^{1,2}, M. S. Tosenko¹

¹National Research Tomsk State University

²Tomsk State University of architecture and construction

The article deals with the problem of creating an effective method or device for plastic deformation, providing a massive nanostructured products and preparations with low complexity and with improved properties. The article discusses methods of creation of submicrocrystalline and nanocrystalline structures in metals and alloys, based on the use of severe plastic deformation.

Keywords: severe plastic deformation, nanostructure, submicrocrystalline structure, equal channel angular pressing.

Для эффективного использования изделий из металлов и сплавов актуальной задачей современного материаловедения является повышение физико-механических свойств материалов и в первую очередь прочностных свойств.

Известно, что физико-механические свойства металлов и сплавов являются структурно-чувствительными, что позволяет для их совершенствования использовать различные направленные воздействия, приводящие к такому энергонасыщению, которое изменяет на разных уровнях структуру материала (фазовую, дефектную, зерненную). Традиционно для получения высоких показателей прочности, пластичности и других свойств использовали методы термомеханических обработок по различным режимам (НТМО, ВТМО и т.д.). Как правило, металлические материалы после вышеотмеченных обработок имеют крупнозернистую и/или субзернистую структуру с развитой дислокационной субструктурой. Но возможности этих способов в настоящее время близки к исчерпанию.

Примерно в 80-х годах начались исследования по высокоэнергетическому воздействию на структуру металлов облучением и интенсивной пластической деформацией (ИПД) [1,2]. При исследовании эволюции

структуры и свойств, при таких воздействиях было установлено, что высоко энергетическое воздействие в металлах и сплавах приводит к новым метастабильным состояниям, которые характеризуются повышением плотности внутренних дефектов, высоким уровнем внутренних напряжений формированием субмикроструктурной (с размером зерен d в среднем 200–500 нм), нанокристаллической ($d \leq 100$ нм), а в некоторых случаях и аморфной структур [1,2]. Особенности возникающей при этом неравновесной структуры, обладающей повышенной запасенной энергией, приводят к существенному изменению практически всех механических и физических свойств (тепловых, диффузионных свойств, фазовых переходов и др.).

В настоящее время разработаны различные технологические методы и физические способы создания субмикроструктурной и нанокристаллической структур в металлах и сплавах. Нами проведен анализ указанных методов, основанных на использовании ИПД.

Задачей методов ИПД является формирование субмикроструктурной или наноструктур в массивных образцах и заготовках путём значительных деформаций при возможно низкой температуре в условиях приложенных высоких давлений. Для реализации этих условий примерно в одно и тоже время (70-80 гг. прошлого века) были использованы и развиты специальные схемы механического деформирования, такие как кручение под высоким давлением (КВД), равноканальное угловое прессование (РКУП), глубокая прокатка, часто в сочетании с последующей термообработкой. Позже были разработаны методы всесторонней изотермическойковки, винтовой экструзии и другие [3,4]. Комбинированные методы термомеханической обработки на основе ИПД проводят в различных сочетаниях: ковка с вытяжкой, РКУП с прокаткой и др. При этом относительная степень деформации может достигать до 98% с сохранением запаса пластичности. Выбор методов зависит от заданных свойств материала заготовки, ее геометрии. Рассмотрим более подробно основные из методов ИПД.

Всесторонняя изотермическая ковка – метод, предложенный Г.А Салищевым с соавторами [4], основан на использовании многократного повторения операций всестороннейковки: осадка – протяжка со сменой оси прикладываемого деформирующего усилия (рис. 1). При этом на каждом этапековки должна достигаться определенная степень измельчения структуры, которая обычно сопровождается динамичной рекристаллизацией.

Измельчение зеренной структуры в свою очередь повышает технологическую пластичность материала и обеспечивает возможность дальнейшего его деформирования при более низких температурах. Это позволяет получать наноструктурное состояние в достаточно хрупких материалах, поскольку обработку ведут с повышенных температур. Выбор температурно-скоростных условий деформации позволяет получить ультрамелкозернистую структуру с размером зерна около 100 нм в заготовках весом более 50 кг из сталей, титана и его сплавов, интерметаллидов и никелевых сплавов [4]. Преимуществами изотермическойковки являются простота технического процесса и отсутствие необходимости использовать специальный инструмент.

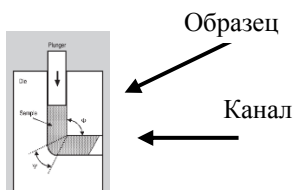


Рисунок 1 Схема всесторонней изотермическойковки [6]

Рисунок 2 Схема равноканального углового прессования [6,8]

В литературе отмечается недостаток – ограничение величины деформации за один переход, который, на наш взгляд, характерен для большинства способов деформирования, вследствие неоднородности формируемой структуры. Устранение неоднородности возможно при увеличении количества переходов и этапов обработки. Другое название данного метода, используемое в литературе: *авс-прессование*.

Равноканальное угловое прессование (РКУП) – способ, реализующий деформацию объёмных образцов простым сдвигом, был разработан В.М. Сегалом с сотрудниками в 70-х годах для того, чтобы подвергать материалы пластическим деформациям без изменения поперечного сечения образцов для получения возможности их повторного деформирования [5]. В последующем этот метод был использован как метод ИПД для получения УМЗ структуры.

При реализации РКУ прессования заготовка продавливается в специальной оснастке через два канала с одинаковыми поперечными сечениями, пересекающимися под углом 2ϕ неоднократно. При необходимости получения УМЗ структуры в труднодеформируемых материалах, прессование осуществляется при повышенных температурах.

Как правило, для РКУ прессования используют гидравлический пресс с установленной на нем специализированной оснасткой, оснащенной системой нагрева.

При отсутствии трения о стенки инструмента один цикл прессования придает материалу деформацию [8]:

$$\epsilon = \frac{2}{\sqrt{3}} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}$$

При $2\varphi = 90^\circ$ ее значение составляет $\sim 1,16$, что эквивалентно деформации осадкой со степенью $\sim 70\%$. При многократном же воздействии деформации на заготовку, степень ее суммируется, а структурные изменения обрабатываемого материала накапливаются. В настоящее время применяемые устройства позволяют проводить равноканальное угловое прессование образцов диаметром до 60 мм и длиной 200 мм и более.

Для формирования необходимой УМЗ структуры в процессе РКУП важными являются направление и число проходов заготовки через каналы [3,5].

Метод РКУП мало применим для хрупких металлов и сплавов, для материалов с выделениями вторых фаз и высокой температурой плавления. При деформировании хрупких образцов и образцов со сложной фазовой структурой уже на ранних стадиях происходит их быстрое разрушение. А формирование УМЗ структуры в металлах и сплавах с высокой температурой плавления вызывает определенные технологические трудности [6].

В то же время все технологические процессы, основанные на интенсивной пластической деформации, обладают и рядом недостатков. Один из наиболее существенных недостатков всех описанных методов ИПД, обеспечивающих получение нанокристаллической структуры, заключается в том, что измельчение структуры при невысоких температурах сопровождается не только повышением прочности, но и является причиной снижения показателей пластичности, ударной вязкости, трещиностойкости упрочняемых материалов.

Чтобы избежать недостатков, характерных для разработанных способов измельчения зеренной структуры, разрабатываются новые методы ИПД, основанные преимущественно на совершенствовании геометрии инструмента и конструкции технологической оснастки, а также новые технологические режимы термомеханической обработки материала, позволяющие решать технологические трудности с учетом определения оптимальных маршрутов обработки. Разрабатываются и комбинирован-

ные методы ИПД, сочетающие возможности как известных методов деформирования, так и различных технологических режимов термомеханической обработки материала [6]. Основные способы формирования субмикроструктурной и наноструктуры в объемных металлических материалах методами ИПД, представлены в таблице 1.

Несмотря на преимущества формирования ультрамелкозернистой структуры в объемных металлических материалах для значительного улучшения их функциональных свойств, большинство рассмотренных методов ИПД до сих пор не реализовано в промышленных масштабах, и их исследование носит сугубо лабораторный характер.

Таблица 1

Основные способы формирования субмикроструктурной и наноструктуры в объемных металлических материалах методами ИПД

Название метода	Название метода
Равноканальное угловое прессование <ul style="list-style-type: none"> • РКУП в оснастке противодавлением • РКУП в оснастке с 1 каналом • РКУП в многоканальной оснастке • РКУП в оснастке с подвижными стенками • РКУП с вращающейся оснасткой • РКУП «конформ» • Равноканальная вытяжка • Равноканальная угловая вытяжка • Несхожее угловое прессование • Равноканальная угловая экструзия • Согласованное равноканальное угловое прессование 	Кручение под высоким давлением
	Глубокая прокатка <ul style="list-style-type: none"> • Прокатка равноканальная угловая • Многоходовая прокатка со сменой направления
	Всесторонняя изотермическая ковка (<i>авс-прессование</i>)
	Многократное прессование в пресс-форме
	Комбинированные методы <ul style="list-style-type: none"> • Кручение + прокатка • РКУП + прокатка • Многократное прессование + прокатка
	Трибологические процессы <ul style="list-style-type: none"> • Трение с размешиванием

По мере развития и совершенствования способов и технологий формирования ультрамелкозернистой, в том числе и наноструктур в самых разнообразных объемных металлических материалах, и прежде всего для их реализации в промышленных масштабах, задача создания эффективного метода или устройства ИПД, обеспечивающих получение массивных наноструктурных заготовок и изделий с малой трудоемкостью и с улучшенными свойствами, будет актуальна еще длительное время.

Литература

1. Ахизер И. А., Давыдов Л. Н., Черняева Г. П. О полиморфных превращениях в высокодисперсных поликристаллических структурах // Вопросы атомной науки и техники. Се-

рия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 1987. – Вып. 2 (40). – С. 3–8.

2. Татьяна Е. В., Курдюмов В. Г., Федоров В. Б. получение аморфного сплава TiNi при деформации сдвигом под давлением // ФММ. – 1986. – Т. 62, Вып 1. – С. 133–137

3. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные материалы: получение, структура и свойства. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.

4. Салищев Г.А., Валиахметов О.Р., Галеев Р.М., Малышева С.П. Формирование суб-микроструктурной структуры в титане при пластической деформации и ее влияние на механическое поведение // Металлы. – 1996. – №4. – С.86.

5. Сегал В.М., Копылов В.И., Резников В.И. Процессы пластического структурообразования металлов, Минск: Наука и техника, 1994, 240 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

М.С. Тосенко¹, Т.Ю. Малеткина^{1,2}, О.И. Пашкова², О.В. Смердов³

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

²Томский государственный архитектурно-строительный университет

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет
e-mail: mariatosenko@gmail.com

RESEARCH OF POSSIBILITY OF APPLICATION OF MODIFIED WOOD IN WOODEN STRUCTURES

M.S. Tosenko¹, T.Y. Meletkina^{1,2}, O.I. Pashkova², O.V. Smerdov³

¹National Research Tomsk State University

²Tomsk State University of architecture and construction

³National Research Tomsk Polytechnic University

The article is devoted to the improvement of the technical characteristics of wood and its application in building structures. The article discusses various ways of solving this problem and finding the optimal approach to improve properties of wood.

Древесина является одним из самых распространенных природных материалов. Однако невысокая биологическая стойкость (подверженность грибковым поражениям и разрушению насекомыми – вредителями), а также высокая горючесть ограничивает возможные сферы применения древесины, приводят к необходимости постоянного ухода за деревянными изделиями. Одним из вариантов решения проблемы повышения потребительских, декоративных и физико-механических свойств, а также значительного увеличения срока эксплуатации изделий из такой древесины является ее активная модификация. Она предусматривает глубокую