

УДК 621.9202

А.А. Симонова, канд. техн. наук, Кременчуг, Україна,
Н.В. Везуб, д-р техн. наук, Харьков, Україна

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗДЕЛИЙ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Описано модель еволюції наноструктурного стану на стадіях життєвого циклу деталей. Проаналізовано принципи механіки технологічного наслідування. Розроблено структурно-логічну схему технологічного наслідування нанокристалічного стану поверхневого шару виробу на стадіях життєвого циклу.

Описана модель еволюції наноструктурного стану на стадіях життєвого циклу деталей. Проаналізовані принципи механіки технологічного наслідування. Розроблена структурно-логічна схема технологічного наслідування нанокристалічного стану поверхневого шару виробу на стадіях життєвого циклу.

The model of the nanocrystalline state evolution on the life cycle parts is described. The principles of technological inheritance mechanics are analyzed. The structural logic scheme of technological inheritance of the nanocrystalline state of the products surface layer on the life cycle stages is designed.

Качество поверхности деталей определяется методами и режимами формообразования заготовки. Эти показатели формируются на всех технологических этапах преобразования заготовки в деталь, начиная от качества исходного материала до финишных этапов получения детали.

На финишных операциях механической обработки окончательно формируется поверхностный слой деталей. Однако на результат этого формирования оказывают влияние предшествующие операции, включая заготовительные. Это свидетельствует о существовании технологической наследственности.

Технологической наследственностью называют перенесение на готовое изделие в процессе его формообразования погрешностей механических и физико-механических свойств исходной заготовки и свойств и погрешностей, сформированных у заготовки на операциях изготовления детали [1, 2].

В настоящее время очевидным является факт, согласно которому проектирование технологии производства изделий из материалов с нано- и субмикроструктурной структурой необходимо проводить с учетом явления технологического наследования, что предполагает изменение свойств поверхностного слоя изделия на всех операциях обработки и при последующей эксплуатации изделия.

Особенности структуры нанокристаллических материалов (размер зерен, доля границ раздела и их состояние, пористость и другие дефекты структуры) определяются методами получения заготовки, что оказывает существенное влияние на их свойства. С уменьшением размера зерна повышается прочность, в том числе с сохранением пластичности, однако значительно возрастает объемная доля границ раздела (границ зерен и тройных стыков), они оказывают значительное влияние на свойства наноматериалов [3].

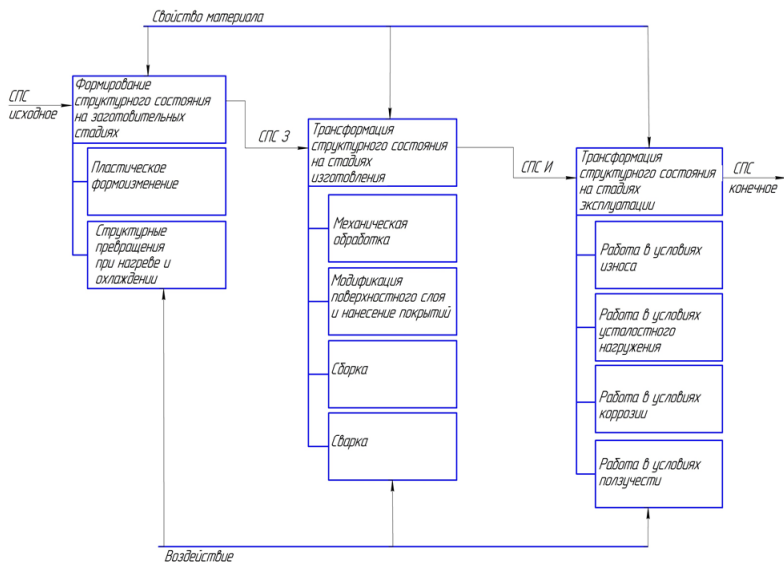
Рост зерна в металлах с НК и СМК–структурой, образованной при большой пластической деформации, начинается при более низких температурах ($0,2-0,3T_{пл}$ [4]), чем в крупнокристаллических металлах. Причиной начала роста зерен в нанокристаллах при относительно низких температурах являются не только малый размер зерен, но, прежде всего, повышенная подвижность границ зерен, обусловленная низкой энергией активации зернограницной диффузии.

В связи с тем, что учет явления технологического наследования требует сквозного описания процессов, происходящих в поверхностном слое, требуется развить положение механики технологического наследования относительно особенностей поведения материалов с объемной нано- и субмикроструктурной структурой.

Учитывая, что материалы с объемной нано- и субмикроструктурной структурой имеют размер зерен в нано- и субмикроразмерном диапазоне и специфическую морфологию и текстуру, которые могут меняться в зависимости от соответствующих технологических параметров процессов получения наноматериалов, изготовления готовых деталей и условий эксплуатации разработана модель технологического наследования нанокристаллического состояния поверхностного слоя на стадиях жизненного цикла изделий (рис. 1)

Изучение технологии изготовления изделий обычно ограничивается рамками отдельных операций. Однако при использовании заготовок с объемной нано- и субмикроструктурной структурой необходимо всесторонне исследовать изменение физико-механических свойств, учитывая действие технологической наследственности. Это означает, что метод получения заготовки, все операции и их технологические переходы механической обработки, а также стадии эксплуатации следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, так как характеристики обработанных поверхностей формируются всем комплексом технологических воздействий и изменяются в процессе эксплуатации детали.

Для осуществления прогнозирования эволюции структуры наноматериалов на всех этапах жизненного цикла изделия предложена следующая модель взаимосвязи структуры материала (рис. 2).



- СПС исходное – состояние поверхностного слоя исходное;
- СПС 3 – состояние поверхностного слоя заготовки;
- СПС И – состояние поверхностного слоя изделия;
- СПС конечное – состояние поверхностного слоя конечное

Рисунок 1 – Технологическое наследования нанокристаллического состояния поверхностного слоя на стадиях жизненного цикла изделий

Факторами, оказывающим наибольшее влияние на интенсивность роста размера зерна, являются температура в зоне резания и время воздействия этой температуры. Для начала процесса рекристаллизации важным аспектом является состояние исходной структуры (размер зерна, плотность дислокаций на границах зерен, далеко действующие внутренние напряжения, степень искажения кристаллической решетки).

Известно, что в процессе эксплуатации под действием силовых, температурных и других факторов может происходить трансформация структурного состояния. При этом вопросы стабильности наноструктурного состояния, закономерностей его эволюции практически не исследованы.

Взаимосвязь физико-механических и эксплуатационных свойств готовой детали с методом получения заготовок с объемной нано и субмикроструктурной структурой, последовательностью выполнения операций механической обработки и условиями эксплуатации позволит определить оптимальное состояние поверхностного слоя, которое обеспечит

стабильность наноструктуры в требуемых интервалах размера зерна кристаллической решетки. Знание оптимального состояния поверхностного слоя детали, обеспечивающего максимальную работоспособность детали с наноструктурой, дает возможность выбрать рациональный метод получения заготовки, обеспечивающий необходимым и достаточный размер зерна, позволяющий увеличить производительность механической обработки при этом сохраняя требуемые физико-механические и эксплуатационные свойства готового изделия.

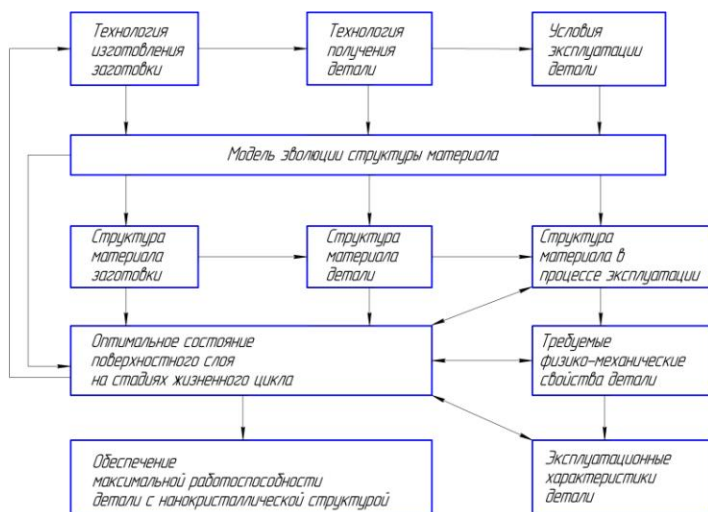


Рисунок 2 – Методология прогнозирования эволюции структуры наноматериалов на стадиях жизненного цикла

Таким образом, целенаправленное формирование поверхностного слоя является одной из важнейших задач технологического процесса изготовления деталей с нано- и субмикроструктурной структурой.

Список используемых источников: 1. *Блюменштейн В.Ю.* Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин / В.Ю. Blumenштейн, В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 400 с. 2. *Валиев Р.З.* Наноструктурные материалы, полученные методом интенсивной пластической деформацией / Р.З. Валиев, И.В. Александров. – М.: Логос, 2000. – 272 с. 3. *Ящерицын П.И.* Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей / П.И. Ящерицын, М.Л. Хейфец, Б.П.Чемисов и др. – Новополюцк: ПГУ, 1996.-136 с. 4. *Смирнова Н.А.* Особенности низкотемпературной рекристаллизации никеля и меди / Н.А. Смирнова, В.И. Левит, В.П. Пилогин и др. // ФММ. – 1986. – Т. 62, Вып. 3. – С. 566-570.

Поступила в редакцию 27.05.2013