счет большего выигрыша в величине уменьшения свободной энергии вследствие появления области новой структуры или фазы.

Следует также учитывать, что повышенная степень неравновесности, вызванная, например, увеличением концентрации вакансий, плотности дислокаций, измельчением зерна способствует ускоренному протеканию диффузионных процессов, что интенсифицирует структурно-фазовые превращения.

В этой связи, представляется целесообразным подход к разработке технологических процессов получения изделий из цветных сплавов, основанный на регулировании степени неравновесности структуры, формируемой на каждой стадии процесса, в том числе и на стадиях преддеформационной и деформационной обработках. В этом случае появляется возможность управлять процессами формирования структуры и свойств путем создания промежуточных состояний с заданным уровнем свободной энергии, обеспечивающих активизацию необходимых структурных изменений на последующих стадиях.

Для технологических процессов получения деформированных изделий из алюминиевых сплавов следует на промежуточных стадиях процесса формировать состояния с повышенным запасом свободной энергии, в частности, за счет реализации ускоренных охлаждений с температур завершения кристаллизации слитков или деформирования полуфабрикатов, температур непродолжительного гомогенизационного нагрева, применения циклических температурных воздействий и т.д.

Предлагаемое совершенствование методов обработки алюминиевых сплавов основано на принципе движения к конечному структурно-фазовому состоянию сплава через промежуточные состояния с максимально возможной степенью неравновесности, создаваемой за счет рационального назначения технологических факторов управления формированием структуры и свойств. Допустимый уровень избытка запаса свободной энергии определяется, во-первых, недопустимостью появления дефектности изделия; во-вторых, избыток энергии не должен приводить к развитию недопустимых структурных изменений в сплаве, приводящим к ухудшению его свойств или технологичности. Второе требование часто может быть удовлетворено изменением традиционных режимов обработки.

Реализация описанного подхода для деформируемых алюминиевых сплавов позволила:

- разработать технологию ускоренной термической обработки слитков, обеспечивающую достаточную деформируемость сплава: при сравнении с традиционной длительной гомогенизацией реализуются те же усилия прессования и повышенные скорости прессования, а длительность обработки сокращается до 1-2 часов; достигается повышение прочностных, пластических и усталостных свойств пресс-изделий;

- разработать технологию получения прессованных и штампованных заготовок, использующую ускоренное последеформационное охлаждение с температур окончания деформации в схемах предварительной термомеханической обработки; достигается повышение прочностных и усталостных свойств при сохранении пластичности, ударной вязкости, вязкости разрушения и сопротивления коррозии.

Изучены закономерности формирования структуры и свойств алюминиевых и титановых сплавов при использовании электронно-лучевого и лазерного термоупрочнения. Данные виды обработки, используя быстрые нагревы и охлаждения, формируют неравновесные структурные состояния сплавов, существенно изменяя закономерности протекания последующих структурно-фазовых превращений. Установлено, что при быстрой кристаллизации поверхностного слоя деформированных алюминиевых образцов (сплав Д16) при электронно-лучевой обработке формируется структура с сильно измельченным зерном и повышенной микротвердостью (после естественного старения). За счет этого можно достичь существенного улучшения усталостной долговечности изделий (число циклов до разрушения увеличивается до двух раз), если специальными приемами исключить образование поверхностных трещин.

Определены возможности лазерного поверхностного легирования титана и деформируемых сплавов на его основе из однослойных и двухслойных металлических покрытий. Разработаны рекомендации по улучшению физико-механических характеристик поверхностных слоев полуфабрикатов. Получены результаты по закономерностям формирования поверхностных слоев с заданными свойствами, составом и структурой, обладающих прочной связью с основой изделия. Установлены наиболее эффективные легирующие элементы покрытий, позволяющие увеличить износостойкость изделий в 4-6 раз. При этом оценена роль степени неравновесности структурных параметров в титановых сплавах на эффективность поверхностного легирования и термоупрочнения с использованием лазерного нагрева.

Таким образом, на основе комплексных исследований алюминиевых и титановых сплавов установлена ведущая роль степени неравновесности структурных параметров в формировании направления, полноты и интенсивности протекания процессов структурно-фазовых превращений.

МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРИВОДОВ МАШИН С НЕРАВНОМЕРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Новоселов В.Г.
Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

В технике широко применяются машины с неравномерным движением рабочих органов: кривошипные прессы, поршневые насосы и компрессоры, гильотины, лесопильные рамы, лобзики и т.п., использующие в качестве исполнительных механизмов рычажные кривошипно-ползунные, кривошипно-коромысловые, а также зубчатые планетарные гипоциклические механизмы возвратно-поступательное или плоское движение рабочих органов.

Неравномерность движения порождает ряд проблем динамического характера: переменный приведенный момент внешних сил возбуждает в приводе вынужденные колебания опасные в узких областях, близких к собственным частотам, а переменный приведенный момент инерции механизма – параметрические колебания, опасные в нескольких полосах частот, соответствующих главным, побочным и комбинационным резонансам, и имеющих тенденцию к расширению. Поэтому моделирование динамики приводов таких машин является актуальной задачей с точки зрения обеспечения их надежности. Учитывая разнообразие структурных и кинематических схем механизмов, сформулируем общие методологические принципы такого моделирования.

В начале в функции обобщенной координаты механизма φ_k, - угла поворота главного вала, определяют траектории движения центров масс в проекциях на координатные оси $x_i(\varphi_k)$, $z_i(\varphi_k)$и углы поворота звеньев $\varphi_i(\varphi_r)$. Затем дифференцированием по обобщенной координате находят аналоги линейных и угловых скоростей: $x'_i(\varphi_k)$; $z'_i(\varphi_k)$; $\varphi'_i(\varphi_r)$ и ускорений: $x''_i(\varphi_k)$; $z''_i(\varphi_k)$; $\varphi''_i(\varphi_k)$. На основании полученных аналогов определяют приведенные моменты внешних сил M_k и инерции механизма θ_k:

$$M_k = \sum_i \left[F_{xi} x'_i(j_k) + F_{zi} z'_i(j_k) + M_i j'_i(j_k)\right],$$

$$\Theta_k = \Theta_{ko} + \sum_i \left\{ m_i \left[\left(x'_i(j_k)\right)^2 + \left(z'_i(j_k)\right)^2\right] + \right. \\ \left. + \Theta_i \left(j'_i(j_k)\right)^2 \right\},$$

где F_{xi},F_{zi} – проекции на координатные оси внешних сил, приведенных к центру масс i-го звена; M_i – момент внешних сил, действующих на i-е звено; θ_{ko}– собственный момент инерции главного вала; m_i, θ_i – масса и момент инерции i – го звена.

Затем на основании уравнений Лагранжа второго рода составляются уравнения движения каждого дискретизированного элемента привода, причем для главного вала машины оно будет иметь вид:

$$\Theta_k \frac{dw_k}{dt} = -\frac{w_k^2}{2}\frac{d\Theta_k}{dj_k} + M_{k-1,k} - M_k,$$

а для прочих j-тых

$$\Theta_j \frac{dw_j}{dt} = M_{j-1} - M_{j+1},$$

где $\omega_j = d\varphi_j/dt$ – угловая скорость j-того элемента привода; M_{j+1}, M_{j-1} – моменты в упруго- диссипативных и упруго-пластичных связях между элементами привода.

$$\frac{d\Theta_k}{dj_k} = 2\sum_i \left(m_i k_{Si} + \Theta_i k_{ji}\right),$$

Где

$$k_{Si} = X'_i X''_i + Z'_i Z''_i; \quad k_{ji} = j'_i j''_i$$

- коэффициенты кинетической мощности соответственно поступательного и вращательного движения i-го звена механизма. Интегрирование уравнений движения производится численными методами с использованием алгоритмов, позволяющих «подстраивать» шаг интегрирования к наивысшей частоте возникающих колебаний.

СИНТЕЗ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ПОЛЯРНОСТИ

Олейников Д.П., Бутенко Л.Н.
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

В настоящее время задачи, решаемые в экономической, технической, социальной, управленческой и других видах деятельности, имеют тенденцию к учету все большего количества взаимодействующих факторов. Это влечет усложнение методов принятия решений, используемых для решения подобных задач.

По нашему мнению является актуальной задача создания подхода к синтезу методов принятия решений.

Разработанный нами подход, основанный на принципе полярности, состоит из следующих этапов:

- выбор пары систем в качестве базы синтеза новой системы;
- выделение критериев, полярные оценки которых соответствуют характеристикам сравниваемых систем (подсистем);
- выбор базовой подсистемы, на основании которой синтезируется новая система;
- формирование требований к создаваемой системе (подсистеме) с учетом выбранной стратегии (цели), а также с учетом ограничений, накладываемых ранее синтезированными системами (подсистемами);
- выбор элементов базовых систем, реализующих выдвинутые требования;
- формирование условий использования каждого элемента в новой системе;
- преобразование выбранных элементов или добавление новых элементов внешних систем для устранения противоречивости требований соседних элементов;
- концептуальное проектирование системы (подсистемы) с учетом выдвинутых требований из модифицированных элементов сравниваемых систем, а также из элементов внешних систем, удовлетворяющих требованиям;
- ресинтез (в случае необходимости) ранее созданных систем (подсистем).

Для проверки подхода нами поставлена задача синтеза требования к методу принятия решений, содержащего принципы методов вербального анализа решений (ВАР) и минимаксный критерий (ММ-критерий).

Был проведен сравнительный анализ методов с использованием полярных шкал, результаты которого приведены в таблице 1.