

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ БАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОМД

Галкин В.И., д.т.н.

«МАИ» – Национальный исследовательский институт
121552, Москва: Волоколамское шоссе, д. 4; galkin@mati.ru; тел. (495) 141-94-53

Головкин П.А., к.т.н.

АО «Плутон»
105120, Россия, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д.11.
p.golovkin@pluton.msk.ru; тел.: (495) 730-36-19

ABOUT THE TOPICALITY OF BASELINE TECHNOLOGIES FOR PRESSURE METAL TREATMENT

V. I. Galkin, Doctor in Engineering Science,

MAI - National Research Institute
4 Volokolamskoe shosse, 121552 Moscow, Russian Federation;
Phone: +7 (495)141-94-53, galkin@mati.ru;

P. A. Golovkin, Ph.D. in Engineering Science

Pluton JSC, 11, Nijnyaya Syromyatnicheskaya, 105120, Moscow, Russian Federation.
Phone: +7 (495) 730-36-19, p.golovkin@pluton.msk.ru

Аннотация

Обосновывается необходимость совершенствования базовых технологий ОМД с учётом современных инженерных и научных методов для поддержания имеющегося уровня и развития перспективных направлений производства изделий новой техники.

Ключевые слова: обработка металлов давлением, базовые технологии, перспективные технологии, развитие технических систем, критерии оптимизации, математическое моделирование, направленные нейронные сети, критериально обоснованные технологические решения.

Annotation

The need to improve the baseline technologies of pressure metal treatment taking into account a modern engineering and scientific methods to maintain the existing level and development of promising fields of production of articles in new technologies is settling down.

Keywords: pressure metal treatment, baseline technologies, promising technologies, development of technical systems, optimization criteria, mathematical modeling, directional neural networks, criterion-based technological solutions.

Общие положения

Всё чаще можно услышать или встретить в литературе такое понятие, как технологический уклад [1], причём зачастую переход к новым технологическим укладам рассматривается с беззаботно – благостных позиций, без учёта состояния реального производства, производственной базы и системы подготовки кадров, технологической науки. Игнорирование этих факторов может привести в деградации и краху того базиса, на котором формировались уже существующие технологические уклады, обеспечивающие само существование современного общества. Среди прочих отраслей, это актуально для производственных, технологических и научных ресурсов обработки металлов давлением (ОМД).

Анализ процессов развития любого устоявшегося вида современной техники как целевой функции технической и производственной системы показывает ступенчатость её развития, стадии которого от момента замысла до прекращения производства и утилизации описываются S-образной кривой [2]. Пример устойчивой системы со сменяющимися друг друга кривыми развития представлен на рисунке 1.

С каждым S шагом развития системы, одновременно с износом оборудования, прогрессирующими темпами происходит исчерпание кадрового ресурса, который со временем уже не может поддержать существование необходимого для изготовления продукции технологического и производственного базиса. Тогда даже незначительное конструктивное изменение или повышение объёмов производства продукции в расчёте на особый период, приводят производство в «ступор». Поэтому совершенствование базовых технологий с использованием новых инженерных инструментов не просто актуально, но и необходимо для поддержания и развития имеющихся производственных мощностей.

На S-образной кривой развития продукта производства необходимо рассматривать не менее пяти этапов смены его поколений без изменения основных определяющих признаков [2]. Первые и последние две точки графика соответствуют стадиям внедрения продукта производства от разработки до утилизации, а промежуточные точки показывают эффективность производственной системы в рамках установившегося производственного процесса. Анализ критических точек определяет время и направление усилий для поддержания и развития производственной базы, недопущения деградации и гибели технической системы [2].

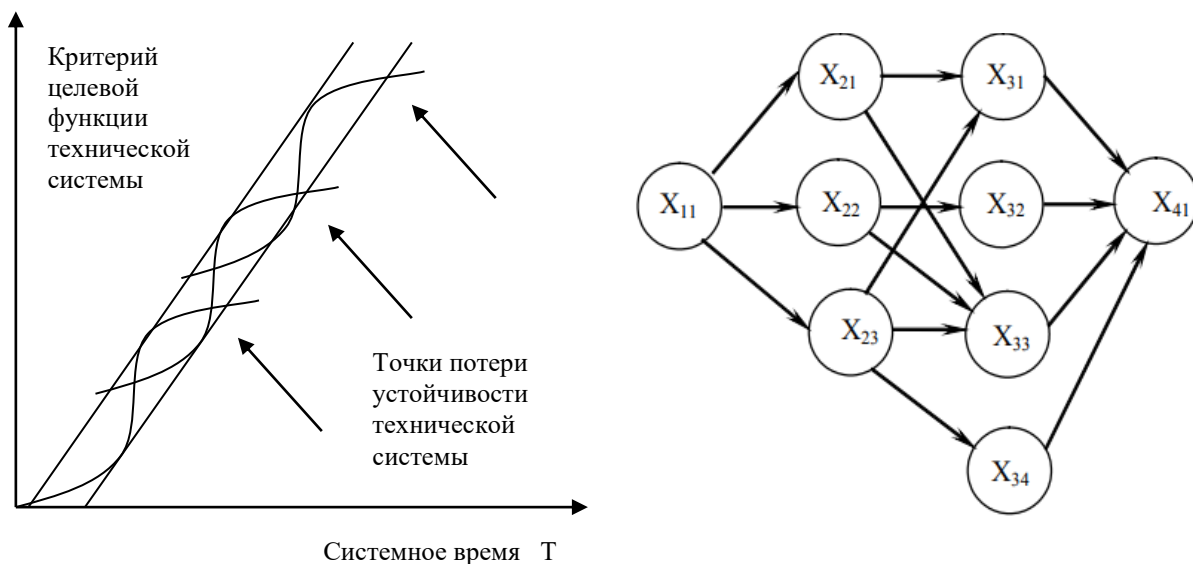


Рис. 1. Пошаговое развитие производственной системы (слева) и сетевой граф принятия технологического решения (справа)

Критериальная оценка актуальности применения базовых технологий ОМД

Для изготовления изделий техники двойного и специального назначения, критически важны критерии целевых параметров изделия [3] и его качества. Применительно изделий, в производстве которых значительную роль играют металлургические процессы, в качестве критических должны быть определены характеристики структуры и свойств их материала.

Для достижения заданного уровня таких критических показателей применяют методы одно- и многокритериальной оптимизации, основанные на теории игр и статистических решений, динамического и линейного программирования, экспертных методов нечёткой логики, и других [4]. Экстремумы выбранных для тех или иных деталей показателей позволяют определить приоритетные технологии их изготовления.

Многокритериальная оптимизация технологических процессов может быть проведена по логике рекуррентных (направленных) искусственных нейронных сетей [4, 5]. При этом циклические расчёты с использованием результатов ранее проведённых вычислений методом минимакса [6] обеспечивают приближённое значение целевого параметра с заданной вероятностью [3]. При этом приближение к оптимальному решению [5] происходит по мере ужесточения критических параметров, которые могут быть как комплексными, так и симплексными [6]. Схема решения критериальной технологической задачи представлена на рисунке 2.

Для решения такой задачи можно использовать многовариантный сетевой технологический граф $G(x, D)$. Вершины такого графа представляют собой множество вариантов технологических операций и переходов X обработки изделий (рис. 1), и любой сетевой путь является собой допустимый маршрут изготовления детали или узла [4]. Многовариантность такого графа определяется множеством способов получения исходной заготовки, режимов её обработки, применяемого оборудования, и так далее. Анализ технологического графа можно осуществить на принципе направленных нейронных сетей Джордана, Хопфилда, или других [4, 5].

Например, для ответственных деталей и узлов из алюминиевых сплавов системы Al-Mg критически важным являются характер распределения и параметр содержания интерметаллидных фаз [7, 8]. Они напрямую влияют на стойкость материала деталей к межкристаллитной и расслаивающей коррозии [9, 10], вакуумную плотность [11], характеристики сварных соединений [12, 13], и т.д.

Схема решения оптимизационной задачи на примере количественного содержания интерметаллидных фаз в материалах из сплавов группы AlMg подробно рассмотрена в работе [7], где исходные данные получены методами математического моделирования и металлографических исследований. Основываясь на таком подходе, способ решения можно найти для каждого выявленного критического параметра.

Так, изготовление корпусов микросборок из кованных по сложным схемам при ограниченной температуре поковок вместо горячекатаных плит, в разы уменьшает количество выходящих из строя этих дорогостоящих изделий. Деформационная проработка металлического материала обеспечивает ненаправленное распределение интерметаллидных фаз [7], улучшая вакуумную плотность корпусов микросборок. Улучшаются технологические свойства металлического материала в части нанесения покрытий и последующих лужения и пайки, стойкость к развитию коррозионных явлений и трещинообразованию [14], также повышая надёжность микросборок [15].

Ковка исходного прутка существенно улучшает ресурс валов-торсионов стартер-генераторов летательных аппаратов [16], обеспечивая критически важные характеристики структуры и размера зерна их материала. Ковка улучшает обрабатываемость заготовок, способствуя получению их качественной поверхности, с минимальным уровнем напряжений и поверхностных дефектов [17], а в критически чувствительных к качеству поверхности деталей изделиях, ковка по сложным схемам с ограниченного нагрева обеспечивает их соответствие заданному критерию надёжности.

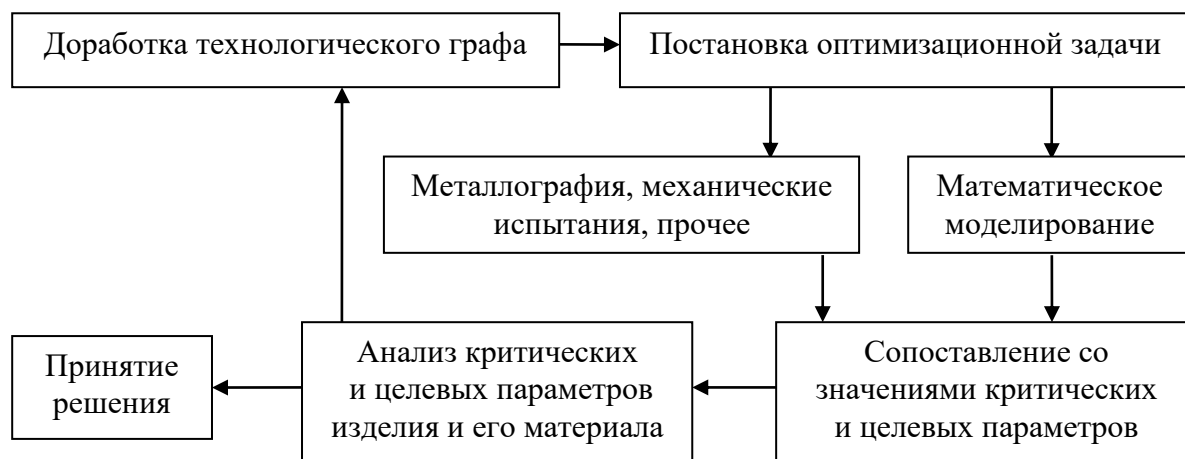


Рис. 2. Схема решения оптимизационной критериальной технологической задачи

Важно, что выявленные зависимости являются универсальными, и с использованием математического моделирования позволяют находить технологические решения, позволяющие обеспечить заданный уровень критических, либо целевых параметров [3, 7]. Умение управлять происходящими в металлическом материале процессами [18...22] позволяет находить критически важные для различных деталей схожие технологические решения. При простоте и дешевизне, критериальная оптимизация таких базовых технологических процессов ОМД, как ковка и горячая объёмная штамповка, позволяет обеспечить заданный уровень качества и надёжности деталей и узлов изделий ответственного и особо ответственного назначения.

Выводы

1. Ступенчатость развития производственных систем делает их чувствительными к поддержанию ранее созданных промышленных мощностей и технологий. Недостаточные усилия по поддержанию и развитию имеющегося производственного базиса не сможет обеспечить технологический переход к освоению производства изделий нового технологического уклада.

2. Анализ процессов современной техники как целевых функций технической и производственной системы показывает ступенчатость её развития в виде последовательности S-образных кривых, с каждой из которых деградация ранее созданного производственного, технологического и кадрового базиса усиливается, накладывая новые требования для своего поддержания и развития.

3. Применительно изделий новой техники, может быть актуально применение проверенных методов ОМД, с минимальными затратами, существенно улучшающими целевые или критические показатели деталей и узлов ответственных и особо ответственных изделий. При этом выбранные технологические решения и режимы могут быть обоснованы логикой направленных сетей, путём решения оптимизационных минимакса обеспечивающих приближение выбранных в качестве критериев целевых и критических параметров к их заданным значениям.

4. Выявленные для различных групп деталей и узлов критически важные показатели структуры и свойств их материала могут быть обеспечены путём использования элементарных ковочных и штамповочных операций. При этом управление деформационными процессами позволяет выборочно преобразовывать структуру и свойства материала конечных деталей в соответствии с требованиями выбранных критериев. Важно, что находимые при решении таких оптимизационных задач решения являются во многом универсальными для разных металлов и их сплавов.

Библиографический список

1. М.А. Паршин, Д.А. Круглов / Переход России к шестому технологическому укладу: возможности и риски / Электронный журнал «Современные научные исследования и инновации» / <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/33059>

2. С.Г. Селиванов, С.Н. Поезжалова / Закономерности развития авиационной техники и технологий / –М.: Машиностроение-Полёт, Полёт: 2009. № 5, с. 52...59.

3. В.И. Галкин, П.А. Головкин, С.А. Валиахметов / Обоснование управленческого решения как средство обеспечения целевого параметра изделия / – М.: Технология машиностроения, 2017, № 12. С. 56...60.

4. С.Н. Поезжалова, С.Г. Селиванов, О.А. Бородкина, др. / Рекуррентные нейронные сети и методы оптимизации проектных технологических процессов в АСТПП машиностроительного производства / –Уфа.: Вестник УГАТУ, Автоматизация и управление технологическими процессами. Т 15, № 5 (45), с. 36...46.

5. С.Г. Селиванов, С.Н. Поезжалова / Применение каскадных нейронных сетей для оптимизации технологических процессов / –Уфа.: Экономика и социум, 2018. № 1 (44). www.iupr.ru.

6. В.Ф. Демьянов, В.Н. Малозёмов / Оптимизация и исследование операций. Введение в минимакс / под ред. Н.Н. Моисеева / –М.: Наука, 1972. -368 с.

7. Головкин П.А. / Феноменология качества материала поковок из сплавов группы АМг / Тезисы докл. междунар. конф. «XLVI Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения)» / Секция 11 / 25...28.01.2022 г. / –М.: ФГБОУВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ)», 2022.

8. Головкин П.А. / О факторе количественного содержания интерметаллидных фаз в природе разрушения поковок из сплава АМг6 / –М.: Технология лёгких сплавов, 2022, № 2, с. 15...19.

9. Головкин П.А. Влияние количественного содержания интерметаллидных фаз на коррозионную стойкость материала листов и плит из сплава АМг6 / Машиностроение: инновационные аспекты развития: Материалы международной научно-практической конференции / 26.04.2022 г. / –С.-Пб: НИЦ МС, 2022. -№ 5. -69 с.; С 57...61.

10. П.А. Головкин / Режимы горячей деформации и коррозионная стойкость сплавов систем Al-Mg и Al-Mg-Sc / –М.: Коррозия: материалы, защита. 2006, № 8, с 13...17.

11. Головкин П.А. / Повышение качества корпусов микросборок из сплавов группы АМг управлением количественного содержания в их материале интерметаллических соединений / –С.-Пб.: Политехника, Металлообработка, 2022, № 1 (127) / 2022, с. 43...50.

12. П.А. Головкин / Повышение качества осесимметричных штампованных поковок из сплава АМг6 для герметичных сварных конструкций ответственного назначения / –М.: Технология машиностроения, 2007, № 3, с 19...24.

13. Галкин В.И., Головкин П.А. / Повышение качества осесимметричных штампованных поковок из сплава ВТ20 / –М.: Титан, № 1, 2021. С. 39...47.

14. В.И. Галкин, П.А. Головкин / Повышение качества корпусов микросборок электронных СВЧ- приборов с использованием ковочных операций / –М.: Технология машиностроения, 2020, № 9, с. 5...7.

15. Головкин П.А., Крюков А.В. Обеспечение вакуумной плотности корпусов микросборок электронных СВЧ- приборов из алюминиево-магниевых сплавов на этапе механической обработки / –М.: Технология машиностроения, 2022, № 9, с. 11...16.

16. П.А. Головкин / Повышение качества валов-торсионов стартер-генераторов с применением ковочных операций / –М.: Сборка в машиностроении, приборостроении, том 23, № 6, 2022, с. 52...54.

17. Головкин П.А., Крюков А.В. / Влияние предварительной деформации на структуру материала и качество поверхности при точении стали 30ХГСА / –М.: Технология машиностроения, № 10, 2022, с. 19...26.

18. В.И. Галкин, П.А. Головкин, С.А. Фесенко / Влияние механизма деформации на структуру и свойства материала поковок из сплава ВТ20 / –М.: Технология металлов, 2013, № 9, с. 12...19.

19. П.А. Головкин / Управление деформированной структурой алюминиево-магниевого сплава / –М.: Технология металлов, 2005. № 11, с. 10...16.

20. П.А. Головкин, С.А. Фесенко / Управление деформацией как инструмент обеспечения заданных структуры и свойств поковок из титановых сплавов / –М.: Технология машиностроения, 2008, № 8, с. 15...19.

21. Галкин В.И., Головкин П.А. / О влиянии механизмов деформации на структуру и свойства металлического материала / –М.: Упрочняющие технологии и покрытия, № 5, 2021, с. 207...214.

22. Головкин П.А. / Механизмы деформации металлов и сплавов, используемых в электровакуумных СВЧ-приборах / –С-Пб.: Политехника, Металлообработка, 2020, № 5...6, с. 27...34.