

От редакции

Профессором МГТУ им. Г.И. Носова С.А. Тулуповым в 80-е годы прошлого столетия предложен оригинальный способ описания калибров и формоизменения металла в них с применением конечномерных пространств и развит структурно-матричный подход к моделированию прокатки сортовых профилей. Результаты исследований внедрены в производство в виде оригинальных калибровок валков, обеспечивающих увеличение точности профилей, улучшение качества поверхности раскатов, эффективное и стабильное формоизменение и снижение энергозатрат на ряде сортовых и проволочных станов нескольких металлургических предприятий России и СНГ, на которых установлены или в настоящее время монтируются новые прокатные станы, преимущественно компании DANIELI.

В этом направлении, включая международное сотрудничество кафедры ОМД МГТУ, сейчас успешно работают доктора технических наук, профессора О.Н. Тулупов и А.Б. Моллер, кандидаты технических наук, доценты Д.И. Кинзин, С.А. Левандовский, Н.А. Ручинская.

В 2006 году коллектив молодых ученых под руководством проф., д-ра техн. наук Тулупова О.Н. отмечен Премией Правительства РФ в области науки и техники.

УДК 621.771.2.001.57: 377.44

ГИБКИЕ РЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ И ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ: ПОЗИТИВНЫЙ ОПЫТ СОТРУДНИЧЕСТВА С КОМПАНИЕЙ DANIELI

Тулупов О.Н.¹, Моллер А.Б.¹, Нигрис Дж.², Чукин М.В.¹, Кинзин Д.И.¹

¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия

² Danieli & C. Officine Meccaniche S.p.A., Buttrio (Ud), Italy

Аннотация. Авторы этой статьи поддерживают сотрудничество МГТУ со специалистами компании Danieli уже более 10 лет как в области науки и технологии, так и в области совместной международной подготовки кадров.

Постоянное стремление к повышению гибкости и экономической эффективности производства делает очевидным поиск новых способов контроля и улучшения качества продукции, компетенций персонала и технологических факторов. Необходимость изменения проектно-компоновочных решений для станов в процессе их строительства и модернизации подчёркивает важность развития и применения адаптивных моделей, решающих проблемы с помощью системного анализа, которые возникают на производстве.

На основе структурно-матричного подхода была разработана программа, автоматически корректирующая межвалковые зазоры в клетях стана с учётом объёма прокатанного металла в каждом калибре и размеров поперечного сечения раската на выходе из чистовой клетки. Программа использует коэффициент приоритетности для удержания формы раската в поле допусков в процессе постоянного изменения формы калибров из-за износа. Кроме этого применяется матрица износа, рассчитывающая износ в различных точках калибра, и коэффициент неравномерности деформации, показывающий разницу в обжатиях по сечению металла.

Эффективность работы металлургического предприятия зависит от уровня квалификации персонала. Характеристика качества профессиональной подготовки персонала может быть представлена с использованием количественных показателей. Одним из таких показателей является комплексный показатель компетентности персонала.

Согласно требованиям стандартов серии ИСО 9000 персонал является главным ресурсом в системе менеджмента качества, поскольку факторы, создающие условия для обеспечения и улучшения качества, в первую очередь не технические, а социальные. Поэтому высшему руководству организаций, ориентированных на долговременное функционирование, необходимо заботиться о воспроизводстве интеллектуального потенциала человеческих ресурсов своей компании.

Адаптивные программы подготовки кадров для пусковых объектов Danieli в России, а также для работы в самой компании Danieli стали одним из наиболее успешных проектов МГТУ им. Г.И. Носова и Danieli под эгидой Международного Союза «Металлургмаш» и «МЕТАЛЛУРГМАШ Инжиниринг».

Ключевые слова: структурно-матричные модели, сортопрокатные комплексы, гибкие технологические решения, адаптивные программы подготовки кадров, международное сотрудничество.

Современное моделирование процессов обработки металлов давлением показало, что в управлении качеством прокатной продукции и решении ряда технологических задач, прежде всего задач оптимизации калибровки валков, высока эффективность более простых матричных методов моделирования. Принципы этого подхода к моделированию прокатки в калибрах с целью повышения эффективности технологических процессов деформации сортовых профилей сформулированы в работах основоположников научной шко-

лы матричного моделирования – процессов сортовой прокатки С.А. Тулупова и О.Н. Тулупова [1] и в дальнейшем были успешно развиты А.Б. Моллером, Д.И. Кинзиным, А.А. Зайцевым и другими представителями указанной научной школы.

За разработку научных основ и практических приложений адаптивных структурно-матричных моделей для повышения эффективности процессов сортовой прокатки коллектив молодых ученых (Завьялов А.А., Кинзин Д.И., Логинов А.В., Левандовский С.А.) под

руководством О.Н. Тулупова удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники за 2006 г.

Первой крупной международной компанией, которая системно заинтересовалась структурно-матричными моделями процессов сортовой прокатки, разработанными при определяющем участии авторов этой статьи, стала компания Danieli (Италия). Перевод и изучение специалистами Danieli ведущих трудов по структурно-матричным моделям сортовой прокатки и калибровки, обсуждение их на совместных совещаниях, а также пуск ряда сортопрокатных мощностей в России определили приоритетность использования развития структурно-матричных моделей применительно к развитию станов Danieli и максимальному использованию их технологических возможностей в условиях российских металлургических предприятий.

Адаптивность технологических решений Danieli на примере сортопрокатных комплексов

Адаптивные решения – это генеральное направление научных исследований сортовой группы кафедры ОМД и производная от подходов компании Danieli к системному и рациональному решению масштабных технических и технологических задач. В 2003 году при разработке предложений по модернизации сортопрокатного комплекса ММК команда Danieli была первой, кто эффективно переориентировался с первоначальной концепции ММК о частичной модернизации производства сортового проката и катанки на задачу о полной замене мощностей. Именно специалисты Danieli первыми предложили взаимоувязанный комплекс из трех современных станов, вписывающийся в ограниченные площади старых цехов при соответствии заданным технологическим требованиям.

Для ряда авторов этой статьи, принимавших участие в качестве экспертов в обсуждении этого масштабного проекта, стал понятен не только высокий технический уровень компании, но также способность и готовность быстро находить эффективные технические и технологические решения, отступая от типовых схем, используя производственные резервы и закладывая эти резервы в возможность дальнейшего развития технологических комплексов.

Рассмотрим адаптивность с точки зрения возможности выявления и использования производственных резервов станов Danieli через призму современного состояния технологии и оборудования для сортовой прокатки.

С начала этого десятилетия в сортопрокатном производстве достаточно явно прослеживается ряд тенденций, связанных с повышением эффективности работы прокатных станов, снижением текущих издержек и инвестиционных затрат на совершенствование действующих и строительство новых технологических комплексов.

Прежде всего, следует выделить факторы и факты, связанные с тенденциями выбора оборудования для сортопрокатного производства:

- продолжается строительство металлургических мини-заводов по производству сортовых профилей и арматурного проката в различных регионах России и

мира. Следует отметить, что новые мини-заводы, запуск которых запланирован и осуществляется в 2013-2014 гг., являются проектами крупных металлургических холдингов ОАО «Северсталь» (сортовой завод Балаково) и «УГМК-Сталь» (мини-завод в Тюмени). Оба упомянутых производственных комплекса основаны на технологических решениях и оборудовании Danieli;

- крупные металлургические предприятия продолжают модернизацию сортопрокатного передела. Наиболее масштабным примером последних лет является комплекс нового рельсобалочного стана на ЧМК (Мечел), также основанный на технологии и оборудовании Danieli;

- возрос интерес частных инвесторов к современным недорогим компактным и гибким сортопрокатным комплексам с небольшой производительностью для производства небольших партий арматуры, круглого, квадратного и фасонного проката.

Кроме этого целесообразно выделить тенденции, связанные с технологическими решениями, включая калибровку валков:

- высокопроизводительные непрерывные комбинированные станы, позволяющие осуществлять прокатку широкого сортамента профилей с совмещением в одном стане двух или более технологических линий;

- для небольших по объему производств характерно стремление к компактности с минимизацией оборудования и применением реверсивной черновой прокатки, а также возвращением к использованию черновых клетей трио;

- снижение себестоимости проката путем экономии энергозатрат на деформацию, использования тепла заготовок при горячем посаде, оптимизации парка валков и повышения ресурса их использования;

- уменьшение количества профессиональных калибровщиков на металлургических заводах и, как следствие, потребность в развитии системы аутсорсинга (разработка и совершенствование калибровки внешними специалистами и компаниями).

Вышеизложенное позволяет сделать два принципиальных вывода:

- Принимая во внимание названные проекты, а также другие сортопрокатные объекты Danieli в России и СНГ, следует признать, что среди современных комплексов по производству сортового проката на постсоветском пространстве наиболее существенным является семейство сортовых и проволочных станов Danieli.

- Необходимы универсальные адаптивные модели, позволяющие решать вопросы приспособления известных технологических решений к конкретным условиям, расширения и корректировки сортамента, развития технологии (включая калибровку валков) на станах Danieli, максимально эффективно используя возможности этого семейства станов.

Как уже упоминалось, большой интерес Danieli вызвало комплексное многолетнее развитие авторами данной статьи структурно-матричного подхода в направлении адаптивного моделирования формоизменения и расчета параметров калибровки с использованием матричного описания [1-4] параметров калибровки, который является наиболее рациональным

для решения задач повышения качества продукции сортопрокатных технологических систем.

Danieli выполнили полный корпоративный перевод монографии [4] на официальный технический язык компании – английский, после чего было проведено изучение этого материала. Решающим фактором, вызвавшим интерес специалистов Danieli к данному подходу, является значительный набор разнообразных параметров, всесторонне характеризующих напряженно-деформированное состояние прокатываемого металла для быстрого решения задач технологии и управления качеством продукции без использования ресурсоемкого метода конечных элементов.

Прошедшие в 2003-2004 гг. совместные обсуждения указанных материалов со специалистами Danieli Morgardshammar, Danieli Automation и Danieli Research and Development показали интерес компании к развитию структурно-матричных моделей, поскольку они позволяют увязать в рамках единого комплексного подхода возможности других эффективных моделей. Такой подход следует признать наиболее перспективным при создании современных систем анализа и управления технологическими процессами методами объектного программирования.

Таким образом, этот структурно-матричный подход к моделированию процессов ОМД и, в частности, сортовой прокатки профилей различной сложности обеспечивает:

- комплексный учет факторов, оказывающих влияние на процесс формоизменения, и влияния самого формоизменения на составляющие технологического процесса [5];
- универсальность (единый способ представления информации, удобный для машинной обработки);
- адаптивность к процессам ОМД (возможность описывать процессы различной сложности, протекающие на различных технологических объектах, без изменения структуры описания);
- адаптивность к решаемым задачам анализа и управления технологическими схемами;
- возможность эффективно включить в единую информационную структуру отдельные модели, связывающие различные технологические параметры процесса прокатки;
- соответствие современным объектным подходам к созданию компьютерных систем проектирования и управления технологическими процессами.

Была признана перспективной для моделирования и создания систем управления разработанная на основе структурно-матричного подхода модель настройки стана [4,6], которая позволяет определять параметры клетей (зазоры между валками и скорости) при изменяющихся в ходе процесса прокатки технологических параметрах. Параметры настройки могут быть рассчитаны за время протекания процесса, или даже опережая реальный масштаб времени, что подтверждает целесообразность применения автоматизированной системы управления настройкой стана на базе «быстрых», упрощенных, но эффективных моделей.

Количественная оценка качества самого процесса

производства или выпускаемой продукции имеет важное экономическое значение, увязанное со всеми составляющими эффективности работы предприятия [7]. Приведем несколько примеров по использованию технологических резервов станов Danieli для калибровок профилей простой и фасонной формы.

Математическая модель для решения задачи оптимизации калибровок позволила сопоставить усилия в клетях до и после проведенной по модели целенаправленной оптимизации формы калибров на станах 170, 370 и 450 производства Danieli. В результате оптимизации калибровок для профилей круглой и квадратной формы усилие прокатки снизилось в диапазоне от 4 до 11%.

На примере технологии прокатки швеллера в условиях крупносоротно-среднесортного стана 450 Danieli определена взаимосвязь неравномерности деформации и уровня загрузки клетки. Оптимизация калибровки позволила существенно (около 10%) снизить нагрузку на валки и создать запас для снижения температуры нагрева заготовки в печи на 30°C. Это обеспечило выполнение класса прочности 345 Н/мм² из стали марки 09Г2С по ГОСТ 19281-89 [8].

Адаптивные решения, инновации и сотрудничество в подготовке кадров

Компания Danieli исходит из того, что развитие техники и технологии невозможно без опережающего развития кадрового потенциала, поэтому один из стратегических приоритетов инновационного развития компании – это развитие совместно с партнерами современных адаптивных систем подготовки и повышения квалификации кадров.

На основе такого партнерства МГТУ, Danieli Service и Международный Союз «Металлургмаш» успешно реализуют концепцию организации и проведения эффективных, гибких, адаптивных программ специализированной подготовки и повышения квалификации по широкому спектру металлургических специальностей, рассчитанных на новые технологии Danieli и перевооружение металлургической отрасли, вопросы подготовки персонала при модернизации действующих и строительстве новых металлургических комплексов.

При поддержке Danieli и МГТУ Международным Союзом «Металлургмаш» в 2005 г. создан Департамент «Инновации и образование в металлургическом машиностроении» международной кафедры-сети ЮНЕСКО/МЦОС «Техническое и профессиональное образование и подготовка кадров».

В результате в том же году в рамках обеспечения успешного пуска трех новых станов Danieli в ОАО «ММК» была реализована 3-этапная международная программа повышения квалификации «костяка» инженерно-технического состава в количестве 10 человек. Программа по объему информации и глубине существенно превосходила стандартные программы обучения в рамках контрактов на поставку оборудования.

Программа включала:

- базовый курс, позволивший инженерам освежить профессиональные знания и получить информа-

цию о текущем уровне техники и технологии сорто-прокатного производства, который проводили специалисты МГТУ и Металлургмаш;

- специальный углубленный курс по оборудованию, технологии, системам управления и принципам эксплуатации и обслуживания трех сортовых станов, который на базе МГТУ проводили специалисты Danieli;

- месячная зарубежная стажировка на действующих станах-аналогах Danieli в Великобритании и Италии, которую организовали и провели специалисты Danieli Service.

Другим примером явилась реализация в 2006-2007 гг. адаптивной программы подготовки Danieli-МГТУ-Металлургмаш для пуска агрегата вакуумирования стали Danieli на металлургическом заводе УГМК-Сталь в Серове.

Программа включала базовый курс в МГТУ, специализированный курс Danieli и практический курс Danieli непосредственно на запуске агрегата. Такое построение программы позволило подготовить максимальное количество специалистов в максимально короткий срок без дополнительной зарубежной стажировки.

Адаптивность программ к конкретным условиям, требованиям заказчика и базовой квалификации персонала делают их весьма привлекательными для новых и модернизируемых производств [9].

Следует отдельно отметить весьма позитивный опыт подготовки кадров в России для самой компании Danieli:

- Danieli Service совместно с МГТУ и Международным Союзом «Металлургмаш», а затем «МЕТАЛЛУРГМАШ Инжиниринг» разработали систему отбора и целевой подготовки в МГТУ молодых инженеров для дальнейшей работы в компании Danieli.

- Были разработаны адаптивные программы и дополнительные требования к выпускникам. Руководство и специалисты Danieli Service обеспечивали чтение специализированных технических курсов в дополнении к основной программе. После защиты дипломных проектов и работ большинство отобранных молодых инженеров были направлены на стажировку в Италию и, в дальнейшем, влились в ряды специалистов компании Danieli.

Заключение

За последние 7 лет были осуществлены две международные программы подготовки кадров с помощью Danieli и для Danieli. Руководство Danieli считает такой опыт сотрудничества весьма успешным. Поэтому сегодня Danieli Service совместно с МГТУ и

МЕТАЛЛУРГМАШ Инжиниринг развивают концепцию взаимовыгодного сотрудничества и интеграции в научной, производственной и образовательной сфере и готовятся к запуску новой программы подготовки специалистов для Danieli.

В ноябре 2013 года в ходе рабочего визита в Danieli состоялись весьма содержательные переговоры между всеми вышеуказанными партнерами. При этом руководство Danieli Service, Danieli R&D и Danieli Automation обсудили возможности более глубокого взаимодействия в рамках образовательных и научно-исследовательских проектов с привлечением программ государственного софинансирования (государственно-частного партнерства). Были подписаны три соответствующих рабочих протокола и начался процесс обмена информацией, что, несомненно, в ближайшее время позволит найти новые форматы сотрудничества и расширить накопленный позитивный опыт реализованных ранее проектов.

В год 100-летнего юбилея Danieli приведенные примеры показывают, что успешное инновационное развитие компании во многом связано с готовностью искать и успешно реализовывать новые подходы к научным исследованиям и подготовке кадров и находить для этого надежных партнеров.

Список литературы

1. Тулунов С.А., Тулунов О.Н. Матрично-статистическая модель формирования / Магнитогорск. горно-металлург. ин-т. Магнитогорск, 1988. Деп. в ин-те Черметинформация, №3/Д-1412.
2. Концепция построения современных моделей прокатки на сортовых станах / Моллер А.Б., Тулунов О.Н., Лимарев А.С., Назаров Д.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. №1. С. 64-67.
3. Tulupov O.N., Rashnikov S.F. Matrix mathematical modelling of roll pass design. Modelling of Metal Rolling Processes 3. Conference Papers. IOM, Chameleon Press Ltd, London, 1999. P. 458-467.
4. Тулунов О.Н. Структурно-матричные модели для повышения эффективности процессов сортовой прокатки: монография. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2002. 224 с.
5. Повышение точности прокатки сортовых профилей простой и фасонной форм. / Тулунов О.Н., Моллер А.Б., Кинзин Д.И., Левандовский С.А., Новицкий Р.В., Рычков С.С. // Металлургические процессы и оборудование. 2013. №4(34). С. 99-105.
6. Управление качеством сортового проката путем использования рациональных предупреждающих действий при настройке станов / Тулунов О.Н., Ручинская Н.А., Моллер А.Б., Лимарев А.С., Луценко А.Н. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. №4. С. 73-80.
7. Metallurgy qualimetry theory design and development / Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Mezin I.Yu., Korchunov A.G. // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. №5(45). С. 67-69.
8. Assessing channel rolling on a 450 mill / Nazarov D.V., Zakharov E.A., Denisov S.V., Moller A.B., Zav'yalov K.A. // Steel in Translation. 2009. T. 39. №10. С. 901-905.
9. Тулунов О.Н., Лимарев А.С., Моллер А.Б. Повышение конкурентоспособности производства посредством эффективного управления качеством подготовки кадров // Сталь. 2009. №3. С. 84-85.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

FLEXIBLE SOLUTIONS IN TECHNOLOGY AND PERSONNEL TRAINING: POSITIVE COLLABORATION EXPERIENCES WITH DANIELI

Tulupov Oleg Nikolaevich – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: o.tulupov@mail.ru.

Moller Alexander Borisovich – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: 8 (3519) 29-85-70. E-mail: moller@hotmail.ru.

Nigris Giovanni – Vice-president Danieli&C. OfficineMeccanicheS.p.A., Buttrio (Ud), Italy. Phone: +39 (0432) 195 81 11. Fax: +39 (0432) 195 82 89.

Chukin Mihail Vitalevich – D.Sc. (Eng.), Professor, First Vice-Rector-Vice Rector for Science and Innovation, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: m.chukin@mail.ru.

Kinzin Dmitry Ivanovich – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: 8 (3519) 29-85-70.

Abstract. The authors of this article have been supporting the collaboration between NMSTU and Danieli specialists for over 10 years in science and technology, and in international personnel training.

Constant push forward for more flexible and cost-effective production makes it obvious to search for better ways to control and improve product quality, personnel competence, and technological factors. The need to make fundamental changes in mill layouts while construction or reconstruction underlines the role of developing and using adaptive models that give alternative routes to solve problems that arise during production using systematic analysis.

Based on structural matrix approach we have developed a programme that automatically adjusts rolls gaps in the stands of the mill while considering the tonnage of rolled metal for each groove and dimensions of the rolled stock after finishing stand. This programme uses «priority coefficient» to maintain tolerances of the product when the cross-sections of the grooves are constantly changing because of wear.

Other vital features are «wear matrix» that calculates wear in different points of the groove and «the coefficient of non-uniform deformation» that shows the differences in reduction along the cross-section of the groove.

Work effectiveness of metallurgical enterprise depends on personnel qualification level. Qualitative performance of personnel may be assessed by using quantity indexes. One of such indexes is the complex index of personnel competence.

ISO 9000 standards require the staff to be the main resource in the quality management system, as social factors in particular not technical ones provide better quality.

Thus, it's necessary for the high management executives to take care about the reproduction of intellectual potential if they are oriented on long functioning.

Adaptive training programs for employees at startup facilities in Russia, as well as for the perspective engineers for Danieli have become one of the most successful NMSTU and Danieli projects together with International Union «METALLURGMASH» and «METALLURGMASH Engineering».

Keywords: structural-matrix models, section rolling complexes, flexible technological solutions, adaptive training programs, international collaboration.

References

1. Tulupov S.A., Tulupov O.N. *Matrichno-statisticheskaya model formirovaniya* [Matrix-statistical forming model]. MGMI. Magnitogorsk, 1988. Dep. at the Chernetinformatsiya Institute, 3/D-1412.
2. Moller A.B., Tulupov O.N., Limarev A.S., Nazarov D.V. The concept of building modern rolling models at section mills. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2007, no. 1, pp. 64-67.
3. Tulupov O.N., Rashnikov S.F. Matrix mathematical modelling of roll pass design. Modelling of Metal Rolling Processes 3. Conference Papers. IOM, Chameleon Press Ltd, London, 1999, pp. 458-467.
4. Tulupov O.N. *Strukturno-matrichnye modeli dlya povysheniya effektivnosti protsessov sortovoy prokatki* [Structural-matrix models for improving the effectiveness of bar rolling: Monograph]. Magnitogorsk: NMSTU, 2002, 224 p.
5. Tulupov O.N., Moller A.B., Kinzin D.I., Levandovskiy S.A., Novitskiy R.V., Rychkov S.S. Improving rolling precision of simple and structural section shape. *Metallurgicheskie processy i oborudovanie* [Metallurgical processes and equipment]. 2013, no. 4(34), pp. 99-105.
6. Tulupov O.N., Ruchinskaya N.A., Moller A.B., Limarev A.S., Lutsenko A.N. Long-rolled steel quality management through the use of rational preventive actions when setting up mills. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2007, no. 4, pp. 73-80.
7. Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V.E., Gun I.G., Mezin I.Yu., Korchunov A.G. Metallurgy quality theory design and development. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013, no. 5(45), pp. 67-69.
8. Nazarov D.V., Zakharov E.A., Denisov S.V., Moller A.B., Zavyalov K.A. Assessing channel rolling on a 450 mill. *Steel in Translation*. 2009, vol. 39, no. 10, pp. 901-905.
9. Tulupov O.N., Limarev A.S., Moller A.B. Improving the production competitiveness through effective quality management of personnel training. *Stal' [Steel]*. 2009, no. 3, pp. 84-85.