

УДК 65:666.3/7

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УЧАСТКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ В ОПК

^{1,2}Харитонов Д.В., ^{1,3}Блинов А.Н., ¹Анашкин Д.А.

¹АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина», Обнинск, e-mail: adma1981rus@gmail.com;

²ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
Москва, e-mail: haritonovdv1978@gmail.com;

³ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ», Казань, e-mail: blinov_aleksey81@mail.ru

Одна из приоритетных задач предприятий оборонно-промышленного комплекса – это своевременный выпуск высокотехнологичной продукции в соответствии с требованиями заказчика. На примере АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина» показаны практические мероприятия, позволяющие без остановки производства и существенных инвестиций повысить производительность операции механической обработки керамических изделий в три раза. Описаны существовавшие до начала преобразований проблемы на производстве и первичные неоптимальные действия. Продемонстрированы важность и ценность проведения сбора объективных данных и последующего их грамотного анализа. Рассмотрены пути повышения производительности операции механической обработки при переходе со штучного (опытного) на мелкосерийное наукоемкое производство изделий радиотехнического назначения при резком увеличении государственного оборонного заказа. Описан алгоритм проведения изменений, используемые инструменты и подходы, используемые в ходе реализации проектов по повышению производительности, включающие в себя: формирование ячеек; модернизацию оборудования; перемещение оборудования в соответствии с выполняемыми задачами и типом изделий; перепланировку и перенесение участков с целью улучшения логистики и управления; стандартизацию работы. Предложен подход по ускорению адаптации производственного персонала в рабочем процессе, на основе матрицы компетенции и бригадного подхода. Показаны примеры применения методологии бережливого производства (lean) по выявлению и анализу и устранению потерь, повышению производительности за счет устранения потерь.

Ключевые слова: повышение производительности, механическая обработка керамических изделий, ОПК, ГОЗ, бережливое производство, оптимизация использования производственных площадей, технический контроль

IMPROVING THE PRODUCTIVITY OF THE CERAMIC PRODUCTS MACHINING SITE IN THE DEFENSE INDUSTRY

^{1,2}Kharitonov D.V., ^{1,3}Blinov A.N., ¹Anashkin D.A.

¹JSC “ONPP “Technology” named after A.G. Romashin”, Obninsk, e-mail: adma1981rus@gmail.com;

²D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow,
e-mail: haritonovdv1978@gmail.com;

³Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI,
Kazan, e-mail: blinov_aleksey81@mail.ru

One of the priority tasks of the enterprises of the military-industrial complex is the timely release of high-tech products in accordance with customer requirements. On the example of JSC “ONPP “Technology” named after A.G.Romashin, practical measures are shown that allow to increase the productivity of the machining operation of ceramic products three times without stopping production and significant investments. The problems in production that existed before the transformation began, and the primary non-optimal actions are described. The importance and value of collecting objective data and their subsequent competent analysis is demonstrated. The ways of increasing the productivity of the machining operation during the transition from piece (experimental) to small-scale high-tech production of radio-technical products with a sharp increase in the state defense order are considered. The algorithm of making changes, the tools used and the approaches used during the implementation of productivity improvement projects are described. Includes: formation of cells; modernization of equipment; moving equipment in accordance with the tasks performed and the type of products; redevelopment and relocation of sites in order to improve logistics and management; standardization of work. An approach is proposed to accelerate the adaptation of production personnel in the workflow, based on the competence matrix and the brigade approach. Examples of the application of lean production methodology to identify and analyze and eliminate losses, increase productivity by eliminating losses are shown.

Keywords: productivity increase, mechanical processing of ceramic products, defense industry complex, state defense order, lean, optimization of the use of production areas, technical control

Данная работа является частью общей деятельности по повышению производительности наукоемкого мелкосерийного производства сложнопровильных изделий

из керамики для государственного оборонного заказа (ГОЗ). В рамках данной работы акцент будет сделан на операцию механической обработки изделий, все работы на пре-

дыдущих операциях: обжиг, формование и приготовление шликера – будут описаны в отдельных статьях.

Производство сложнопрофильных крупногабаритных изделий из керамики является основным видом деятельности в АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина (Общество). Одной из самых ответственных и длительных операций в технологии является механическая обработка заготовок, сопряженная с рядом сложностей, обусловленных спецификой выпускаемой продукции: габариты (около 1 м в длину); сложная геометрия (внутренние и внешние контуры не идентичные); тонкостенность; хрупкость; материал имеет высокую твердость (до 9 по шкале Мооса); требуется высокая точность обработки (до 0,01 мм) [1].

Особенности продукции, материала и форма заготовки требуют специальной оснастки, проведения множественных контрольных операций: поиск дефектов в материале заготовки, замеры толщины и проверка геометрии и т.д. Многочисленные замеры существенно удлиняют процесс механической обработки [2–4].

В 2012 г. резко начал расти ГОЗ по продукции, выпускаемой Обществом. В результате руководством было принято решение повышения производительности за счет экстенсивного развития – закупки нового оборудования и набора новых работников.

Достаточно долго в цеху существовало представление, что именно операция механической обработки является узким местом в производственном процессе. Это было вызвано принятым подходом к расчету пооперационного коэффициента запуска. И именно поэтому основное внимание в начале работы по повышению производительности в цеху сконцентрировалось на операции механической обработки. Было выбрано простое решение – купить и установить новые станки и нанять больше токарей.

Позднее стало понятно, что для размещения необходимого оборудования элементарно нет свободных площадей. Изначально производство создавалось как экспериментальное и, соответственно, количество производственных площадей было ограничено, а их логика подчинена задачам проведения НИОКР.

В целях максимизации использования оборудования за счет устранения простоя в выходные и праздничные дни, было принято решение ввести бригадный подход [5] и разделить всех токарей на три бригады с введением скользящего графика работы 5/2 при двухсменной работе. Бригадный подход позволил максимально быстро включить новых неопытных работников

за счет распределения выполняемых работ в соответствии с опытом и ЗУНами в области обработки керамики и уменьшить их негативное влияние на качество. При таком подходе бригада не заинтересована в работах, которые недостаточно активны и выполняют свою работу некачественно, так был изменен учет проделанной работы и количество дефектов с индивидуального на коллективный.

Даже увеличив количество оборудования и заняв все доступные для его установки площади, введя скользящий график работы и, как следствие, увеличив количество работников на участке механической обработки в 1,6 раза, повышение производительности операции механообработки удалось повысить всего в 1,35 раза, что не позволило достичь требуемого значения.

Проанализировав сложившуюся ситуацию, установили основные аспекты негативной ситуации. Введение скользящего графика работы привело к ухудшению управляемости участка. Покупка новых станков при сохранении старых потребовала увеличение обслуживающих специалистов. Найм новых работников усугубил проблему качества. Специфика механической обработки крупногабаритных сложнопрофильных абразивных изделий, обладающих уникальными набором свойств (высокая твердость и хрупкость), затрудняет процесс поиска готовых квалифицированных специалистов в регионе, из-за чего резко вырос брак и другие сопутствующие потери.

С позиции после знания главной проблемой было отсутствие эффективной системы управления производством, т.е. целенаправленного заранее проанализированного и спланированного комплекса взаимосвязанных мероприятий по созданию конечного продукта. Фактически было возможно быстрее и с меньшими затратами энергии, времени и средств повысить производительность в цеху. Наиболее эффективно себя впоследствии показала работа по снижению количества дефектов, закладываемых на предшествующих операциях (формование и обжиг). Это позволило уменьшить потери, связанные с обработкой изначально дефектных изделий, которые выявляются только на стадии механической обработки.

Первая попытка повышения производительности экстенсивным путем полностью не оправдала себя. Дальнейший процесс трансформации производства было решено реализовывать, используя методологию (философию) бережливого производства (lean), которая показала свою эффективность в условиях ограничений.

Было выбраны следующие направления работ: оптимизация использования производственных площадей с целью установки дополнительного оборудования; модернизация оборудования, мероприятия по совершенствованию логистики; улучшение условий труда и обучение работников.

На первом этапе по оптимизации процессов на операции механической обработки было решено сосредоточиться на одном из участков. И после достижения целевых показателей тиражировать полученный позитивный опыт на другие участки.

В целях увеличения полезных площадей проведена полная инвентаризация: оборудования; запасов; оснастки; функциональное использование помещений. Анализ полученных данных показал, что на производственных участках находятся рабочие места ИТР и мастеров, оснастка и приспособления для станков. И если в 1980-х гг., когда сам цех носил экспериментальный характер и выпускал небольшое количество изделий, такая планировка имела смысл, то в условиях мелкосерийного производства это препятствовало размещению нового оборудования. Поэтому для мастеров

и ИТР было выделено отдельное изолированное помещение, где были созданы комфортные условия для работы. Склад готовой продукции был перенесен. Для оснастки и приспособлений в соответствии с принципами 5С было организовано отдельное место для их удобного хранения и дальнейшего использования. В результате проведенных изменений высвободили 29% полезных для установки нового оборудования площадей. Пример высвобождения полезных площадей показан на рис. 1.

После переноса склада стало возможно физически присоединить пустующие производственные площади, закреплённые за другим структурным подразделением. Данные площади пустовали из-за сорванного много лет назад проекта по выпуску другой продукции.

Разработав проект реструктуризации участка, удалось согласовать обмен помещений между структурными подразделениями. Снос многочисленных стен и перенос станков из другого изолированного помещения позволил улучшить коэффициент использования пространства, логистику и управление.



Рис. 1. Пример оптимизации использования полезных площадей

Работа по модернизации оборудования заключалась в нахождении нового применения старых и изношенных станков. В процессе работы по анализу пригодности станков были выявлены старые крупногабаритные токарные станки, на которых уже было невозможно обрабатывать заготовки с точностью, соответствующей требованию технологии, из-за того, что у них были существенно выработаны направляющие. Станки, занимали большую площадь (77 м²) и фактически не использовались в технологическом процессе. Первоначальной идеей было их списание, утилизация и замена на новые. Но в процессе согласования и поиска финансирования для закупки новых станков была предложена идея не списывать станки, а модернизировать и специализировать на выполнение операций, либо не требующих высокой точности, либо для изделий малых размерностей. В процессе модернизации у станков была укорочена на треть станина. После сокращения их габаритов появилась возможность установить их более компактно.

Таким образом, за счет доработки старых станков:

- высвободили полезную площадь (17 м²);
- «освободили» современные высокопроизводительные и высокоточные станки от выполнения операций, не требующих точности и производительности;
- сэкономили существенные финансовые ресурсы предприятию;
- уменьшили время простоя, связанное с переналадкой станков, за счет отказа от переналадки;

- на освободившееся место на участке установили новую установку автоматической системы водоочистки.

Первый этап оптимизации позволил увеличить производительность, но желательные показатели были не достигнуты. А наблюдаемая картина в гембе демонстрировала, что новое оборудование простаивало. На основе данных системы мониторинга, видеонаблюдения, опросов и анкетирования операторов станков была проведена оценка загруженности оборудования, частота и причины его поломок и переналадок, а также уровень межоперационных запасов. В целях выявления и устранения потерь из-за излишних перемещений и избыточной транспортировки был проведен объективный хронометраж времени выполнения технологических операций.

Для упрощения восприятия полученных данных о причинах простоя оборудования и предоставления их при обосновании принятых решений у руководства была построена диаграмма Парето (рис. 2).

По диаграмме видно, что в течение смены у оператора станка можно выделить три наиболее длительных причины простоя за исключением поломок и ожидания, которые вносят доминирующее количество потерь времени: замер контура изделия, транспортировка изделий на визуальном оптический контроль (ВОК), получение сменных заданий.

В процессе работы над логистикой на этапе механической обработки, была построена диаграмма спагетти, что позволило выявить маршруты с излишней транспортировкой и перемещением работников (рис. 3).



Рис. 2. Диаграмма Парето простоя оборудования

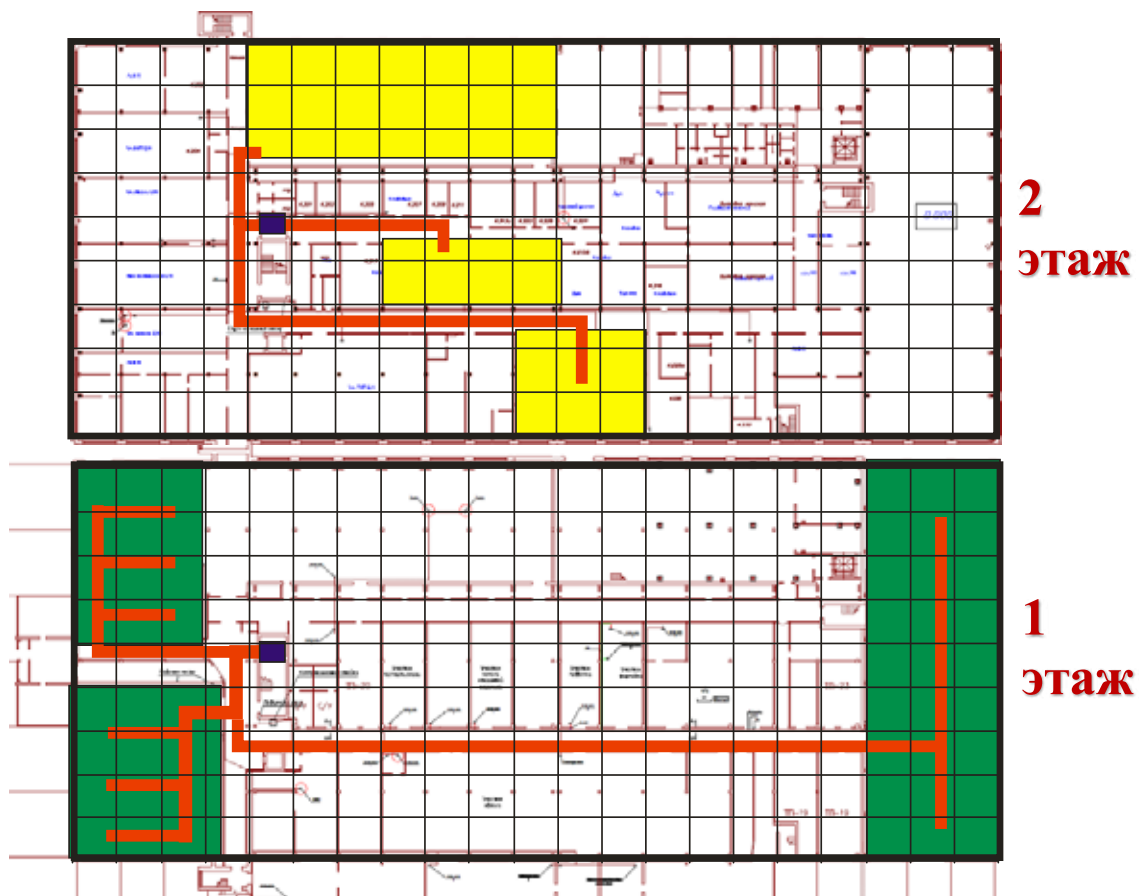


Рис. 3. Диаграмма Спагетти.
Красный – маршрут движения; желтый – помещения лабораторий;
зеленый – механическая обработка; фиолетовый – грузовой лифт; масштаб – 6 м/кл

Проанализировав данные перемещений, стало понятно, что за счет организационных методов, без изменения работы других участков, можно сократить потери, перенеся участок ВОК ближе к станкам и организовав наглядную систему донесения до работников их задания (рис. 2).

Исторически сложилось, что операция визуального оптического контроля проводилась на втором этаже (в помещении лаборатории), а помещения, участки механической обработки – на первом этаже этого же корпуса. Таким образом, токарю для отправки изделия на проверку ВОК было необходимо: извлечь изделие из фиксирующей оснастки, запаковать его в транспортную тару, поместить на тележку, отвезти тележку до лифта, на лифте подняться на 2 этаж, доехать до поста ВОК, распаковать изделие, дождаться окончания проведения проверки, снова упаковать изделие и повторить обратный путь. Это приводило к тому, что только на транспортировку в среднем один токарь

тратил более 256 часов в год – почти 13% своего рабочего времени. При этом не всегда контролер ВОК физически находился на посту, и его приходилось искать. В результате все это время станок простаивал.

Операция визуального оптического контроля предъявляет только одно требование – полная затенённость помещения. И первоначальная идея организовать пост ВОК в помещении участка за счет строительства изолированного помещения, как в лаборатории, вступила в конфликт с целью высвобождения площадей. Рядом с участком тоже не оказалось свободных помещений. Но, используя инструменты ТРИЗ и проведя анализ проведения контроля, выяснили, что для самой операции с изделием не требуется большого количества свободного места. А всю бумажную работу можно проводить не на самом посту. Это кратно сократило требования к площади поста (3–4 м²). И аналогичное пространство было найдено в техническом помещении, которое находилось между

участком и коридором. Таким образом удалось разместить пост ВОК в неиспользуемом пространстве рядом с самим участком, по возможности равноудаленно от всех станков и существенно устранить потери, связанные с избыточной транспортировкой изделий и перемещением работников.

Дополнительно было решено переместить станки в соответствии с их разделением по обрабатываемым материалам выпускаемой продукции. Это уменьшило потери, связанные с избыточным перемещением работников, избыточной транспортировкой, и упростило управление процессом механической обработки. При этом в случае необходимости часть станочного парка можно было оперативно перенастроить на обработку изделий из другого материала, в случае неравномерности ГОЗ.

Многостаночное обслуживание стало следующим логическим шагом. Покупка нового оборудования и модернизация существующего с последующим перемещением станков позволили на стадии реконструкции отдельных помещений разместить станки по принципу работы в ячейке (рис. 1), когда на одного оператора приходится два высокопроизводительных станка. Хотя данное решение снизило эффективность использования оборудования (ОЕЕ), но зато повысило производительность токарей.

Параллельно шла работа по организации единой системы хранения оснастки для участка механической обработки (рис. 4). До улучшений оснастка располагалась хаотично и в разных помещениях. Это приводило к излишним перемещениям работников, простоям оборудования, создавало риски повреждения оснастки из-за ненадлежащего хранения и затрудняло проведение ее поверки.

В целях оптимизации хранения оснастки было выделено место в избыточно широкой части коридора рядом с самими участками. На выделенной площади организовали трехуровневые закрывающиеся стеллажи. Куплен электрический вилочный погрузчик, разработаны стандарты его обслуживания и зарядки. Рядом выделено место для его парковки и заряда. Все это позволило почти в четыре раза сократить место, которое тратилось на хранение оснастки, кратно сократить время по поиску нужной оснастки. Появление погрузчика позволило организовать хранение материалов на складе в два уровня и высвободить дополнительные полезные площади.

Была проведена реорганизация рабочих мест токарей в соответствии с методологией 5С. Созданы стандартизированные рабочие места по работе с документацией и инструментами. Организованы места хранения оснастки возле станков и средств индивидуальной защиты. Это позволило уменьшить количество потерь, связанных с избыточным перемещением токарей, поиском необходимых инструментов.

С целью повышения производительности на участке механической обработки было принято решение применения инструментов быстрой переналадки (SMED) и всеобщего обслуживания оборудования, которые позволили взять путь на получение «идеальных рабочих», достичь такого уровня профессионализма токарей, при котором они могут обрабатывать весь спектр изделий с надлежащим качеством, а не только отдельные позиции; производить быструю и качественную переналадку; осуществлять плановое техническое обслуживание станков и их мелкий ремонт.



Рис. 4. Система хранения оснастки

Для адекватной оценки профессионализма и результатов работы работников силами мастеров и руководителями цеха были разработаны критерии оценки для матрицы навыков компетенции [6, 7]. Матрица – наглядный инструмент управления и мотивации работников. Позволяет выстроить прозрачную систему оценки компетенций работников. Снижает субъективизм в оценках и упрощает планирование и управление коллективом. Для многих работников становится стимулом для профессионального роста и развития.

Для снижения сопротивления изменения и поиска решений, которые позволяют быстро и дешево достигать значимых результатов, была запущена система сбора кайдзен-предложений (предложений по улучшению), которая позволила не только вовлечь в процесс улучшения рабочих цеха, но и повысило их мотивацию в производственном процессе. Было организовано внутреннее и внешнее обучение работников бережливому производству, для рабочих, мастеров и ИТР.

Дополнительно шла работа над улучшением условий труда в цеху. Произведена работа по ремонту и улучшению дизайна помещений цеха. Организована, а впоследствии реорганизована с увеличением площади, удобства и наполнения оборудования комната приема пищи. Перестроены туалеты и душевые, что позволило до трех раз увеличить их пропускную способность, улучшить эстетический вид и комфорт. По возможности в помещениях с длительным пребыванием работников установлены климатические установки. Таким образом, улучшали гигиенические факторы (заработная плата, комфорт на рабочем месте, отно-

шения с коллегами и руководством, правила и т.д.). В точках (зонах) притяжения внимания (места в помещении, на которые человек без усилия со своей стороны обращает внимание) размещены информационные плакаты и стенды.

По итогам работы удалось в полной мере и своевременно выполнять ГОЗ. Созданы новые высокопроизводительные рабочие места. Удалось отказаться от скользящего графика работы. Модернизировано 14% станков. Производительность работника выросла на 37%. Процент обучения персонала принципам и инструментам бережливого производства составил среди ИТР более 90%, среди рабочих 52%. Общая производительность выросла почти в 3 раза.

Список литературы

1. Воробьев Е.А. Механическая обработка радиопрозрачных остроконечных обтекателей летательных аппаратов // Инструмент. 1998. № 10. С. 22–23.
2. Суздальцев Е.И., Эпов А.Г., Хамицаев А.С., Харитонов Д.В. Исследование влияния режимов механической обработки металлокерамических изделий в системе: станок – изделие – инструмент – схема // Огнеупоры и техническая керамика. 2003 № 7. С. 23–31.
3. Алексеев С.В. Влияние режимов алмазного шлифования на силы резания в процессе обработки конструкционной керамики // Известия МГТУ. 2014. № 2 (20). С. 5-8.
4. Рогов В.А., Шкарупа М.И., Копылов В.В. Получение математической модели качества поверхности детали типа оболочки вращения из кварцевой конструкционной керамики // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2011. № 3. С. 68–73.
5. Султанаева И.Э., Фазылова Э.А. Прогрессивные формы организации труда // Символ науки. 2018. № 5. С. 79–85.
- Карамушко Г.В., Маськова Н.Г. Управление персоналом на основе формирования компетентностной модели в сфере бережливого производства // Новые технологии. 2021. Т. 17. № 2. С. 131–137.
6. Алаева Е.А. Матрица компетенции // Вестник науки и образования. 2019. № 22–3 (76). С. 9–11.