

История проекта ФГУП НИИ НПО «ЛУЧ»

О проекте: отраслевой проект «Повышение эффективности производства изделий из монокристаллических сплавов», начало работ по проекту с 03.03.2015, окончание работ по проекту 30.09.2015.

Проект значимый и является частью проекта, выполняемого в рамках постановления Правительства РФ по созданию транспортно-энергетического модуля (ТЭМ) мегаваттного класса. Задача ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» - изготовить монокристаллические стержни (MoNbZr), которые станут заготовками для оболочек твэлов для ядерной энергодвигательной установки. ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» является частью мегапотока по изготовлению ТВС: ЛУЧ (заготовки из монокристаллического сплава) – ФЭИ (сверление заготовок, изготовление комплектующих) – МСЗ (изготовление топливных таблеток и изготовление твэлов) – НИКИЭТ (сборка ТВС). НИКИЭТ является заказчиком работ.



Проблематика в начале реализации проекта.

В самом начале при открытии проекта коллеги из отделения «Исток» понимали, что есть неравномерность в процессе изготовления монокристаллического сплава, видны были колебания по времени изготовления и выдвинуто предположение, что есть отклонения по выходу в годное. Перед проектной командой руководством были поставлены первые задачи по сокращению сроков изготовления, и довести выход в годное до 90%.

Когда погрузились в проект выяснилось, что время изготовления партии монокристаллов колеблется со среднего срока в 25-27дней и до максимума в

46 дней. При анализе паспортов по каждой партии стало видно, что есть потери материала при изготовлении монокристаллов, потери составляли в среднем 52%, больше половины мы теряли в процессе изготовления монокристаллических слитков.

Были установлены цели проекта.

1. Сократить ВПП на изготовление каждой партии с 25 до 19 дней;
2. Снизить потери материала при изготовлении каждой партии до 20%.

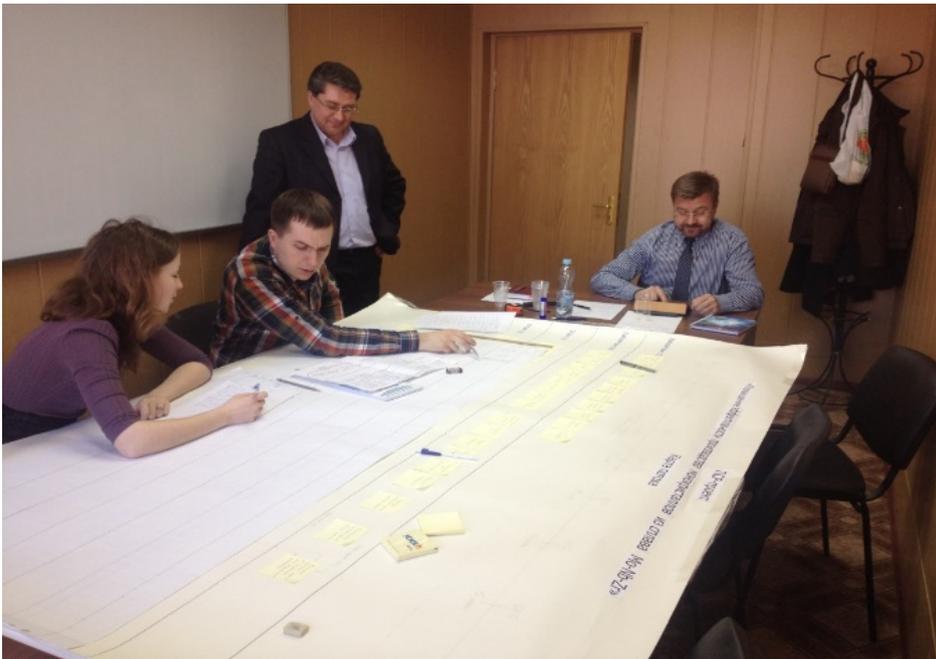
Очень напряженные целевые показатели, требующие глубокого погружения в проект!

Начало работы по проекту.

Прошли по цепочке изготовления от конечного продукта на складе, до входящего сырья, провели диагностику текущего состояния. Анализируя процесс изготовления монокристаллических слитков, увидели возможность выйти на автоматический режим при операциях плавления, с целью высвобождения операторов, для других заказов. Вышли с предложением к руководству и оказалось, что директор отделения В.И. Выбыванец, уже вынашивал эту идею, и мы приняли совместное решение по продвижению этой идеи. Для реализации этой идеи, необходимо было стабилизировать процесс и углубиться в технологию.

В процессе работы по проекту, мы каждый раз сталкивались с пересечением проблематики по потере материала, по времени изготовления партии и влияния этих факторов на автоматизацию процесса плавки.

Сделали первые шаги по проекту, это сформировали команду проекта из молодых и инициативных специалистов, распределили участников команды по переделам для определения фактического ВПП, НЗП, а также для проведения хронометража операций, выявления потерь и проблем на рабочих местах. Параллельно со сбором информации проводили картирование по процессу. В самом начале при реализации проекта картирование проводили самостоятельно молодые специалисты и были допущены ошибки в карте ПСЦ. Мы провели обучение членов проектной команды картированию, стандартизированной работе, анализу и выявлению потерь в процессе, применяя методы на практике.



В первую очередь был проведен хронометраж на ключевых операциях по выращиванию монокристаллических сплавов, по общему мнению, проектной команды, ростовые установки являются узким местом в потоке. Также хронометраж был проведен на операциях засыпки и виброуплотнения, гидростатического прессования, спекания штабиков, контрольных операций в лаб.172, при механической обработке штабиков, поликристаллов, монокристаллов. Были выявлены потери материала в конкретных операциях, потери и проблемы в потоке.



Далее провели разбор проблем, которые обозначила команда, построили новую карту потока текущего состояния, исключив ошибки при построении первой версии. Сформировали список проблем и первостепенных вопросов.

По итогам диагностики определено время протекания процесса при изготовлении одной партии монокристаллических слитков – 25 рабочих дней.

В процессе анализа руководство предприятия вышло с предложением к партнерам по проекту ТЭМ организовать на площадке ФГУП НИИ НПО «ЛУЧ» процесс изготовления оболочки твэлов (электроэрозионного сверления отверстия и обработки поверхности оболочки), и в этой связи перед командой появилась задача о необходимости максимально сжимать процесс, чтобы укладываться в календарный год.

Перед проектной командой были поставлены задачи по определению целевого состояния процесса, уже учитывающего новый сценарий, приблизится к автоматизации процесса плавки и добиться амбициозных целей. В первом приближении был установлен целевой показатель по сокращению ВПП до 17 дней, после успешно реализованных экспериментов и мероприятий по улучшению процесса, вышли на целевой показатель по изготовлению партии за 12 дней!

Выявленные факторы, приводящие к потерям и проблемам в потоке.

По потере материала:

1. При операции засыпки увидели, что регулярно порошок просыпается мимо формы, попадая на вибростол, а затем на пол, тем самым у нас возникают невозвратные потери материала, так как используется порошок особой чистоты;

2. При операции спекания происходит процесс изменения формы штабиков и фиксируются отклонения от прямолинейности («стрела прогиба»), допуск составляет 3мм на всю длину штабика, если более тогда брак, но исправимый, который влечет за собой потерю материала при токарной обработке, чтобы убрать «стрелу прогиба».

3. При механической обработке штабиков есть потери материала, относящиеся к технологическим, это обработка под конус, сверление под подвес и нарезание резьбы для соединения двух штабиков, так как технологией предусмотрено изготовление штабиков длиной 230мм и их соединение (скручивание) и далее плавление двух соединенных штабиков в поликристалл.

4. При плавлении в поликристалл методом бестигельной зонной плавки, образуются неровности на поверхности слитка («волны»), процесс плавления поликристалла осуществляется на установке в ручном режиме, в момент прохождения стыка образуются наплывы и проливы, которые ведут к утолщению прутка.

5. После плавления, поликристалл направляется на мехобработку, где срезается подвес, проводится обточка по всей длине до диаметра 16мм, далее происходит фрезерование под лигатуру, это технологические потери материала. Но мы зафиксировали случаи обработки поликристалла до 15мм, это происходило из-за сбоя при плавлении, были соединены разной структуры штабики, которые плавилась по разному, один плавится нестабильно предположительно из-за больших газовых включений, другой после прохождения стыка плавится стабильно и оператору, чтобы попасть в допуск по длине приходилось вытягивать слиток при плавлении, это и приводило к потере материала.

6. После закладки лигатуры поликристалл переплавляется в монокристалл, после переплава отрезается затравка, диски толщиной в 1мм для проверки ориентации и проведения химического анализа, проводится контроль монокристалльности, способом травления кислотой, далее подрезка в размер, это все необходимые технологические потери материала.

7. Обратили внимание, что отсутствие оптического контроля диаметра при переплаве штабиков в поликристаллы, ведет к образованию нестабильного диаметра (большая «волнистость»), все зависит от квалификации оператора, даже если установлены качественные штабики, которые в свою очередь позволяют осуществлять стабильную плавку.

По времени протекания процесса:

1. При картировании потока обнаружены задержки в движении продукта, готовые штабики пролеживают в лаб. 172 у контролера, в отд. 210 перед токарной обработкой, в лаб. 208 готовые уже к плавлению штабики пролеживают в вакуумных шкафах (до 10 комплектов), между операциями плавления в ожидании мехобработки поликристаллы, в отд. 210 большое скопление монокристаллических прутков на электроэрозионной обработке (до 26 прутков), на участке упаковки монокристаллические прутки в ожидании данных с лаб. 64 по химическому анализу и ориентации монокристалла, для комплектования прутков по партиям.

2. Зафиксировали продолжительное время основных, вспомогательных и подготовительных операций: сушка порошка 15 часов, токарная обработка до 7 часов, потери времени при частой смене фрез, когда обрабатываем поликристалл, электроэрозионная обработка до 2-х дней.

3. Длительное ожидание результатов хим. анализа (договор с аттестованной фирмой, хотя лаб. 64 может проводить такой анализ) при запуске порошка в производство до 27 дней.

4. Из-за организации закупок сырья по ЕОСЗ, происходит смена поставщика, что приводит к потерям времени на подбор и корректировку режимов в лаб. 172 и лаб. 208.

5. Из-за поломки гидростатического пресса в лаб. 172 простой от 3 до 10 дней.

6. Выход из строя вакуумных печей влечет за собой простой до 7 дней, но в лаборатории есть резерв вакуумных печей.

7. При очистке ростовых установок аппаратчик ждет, когда освободится промышленный пылесос от 40мин до 1,5 часов (один пылесос на 4 установки).

8. Потери времени на прогрев и наладку перед плавлением, настраивание ориентации заготовки относительно катодного узла.

9. Длительное формирование расплавленной зоны (диаметр штабика значительно больше диаметра хвостовика).

10. При прохождении стыка при плавлении в поликристалл процесс плавки замедляется до 30 минут из-за крайне нестабильного процесса плавки, приводящего к напряжению в работе оператора и потере материала из-за пролива и разрыва капли.

11. Потери времени на электроэрозионной операции при обрыве нити на станке.

12. Потери времени на электроэрозионной операции из-за пересечения потоков на станке ЭЭО. Скопление монокристаллов в количестве до 45 штук, перед этапами подрезки в размер и электроэрозионной обработки.

13. Потери времени на токарной операции из-за вклинивания других работ в процесс обработки штабиков.

14. Пролегивание штабиков после токарной обработки перед плавлением в поликристалл. Время пролеживания – до 23 часов.

15. Длительное время обработки поликристалла, из-за наличия большой волнистости поверхности поликристалла.

16. Потери времени при перемещении штабиков и проведения контроля в ОТК, дублирующего контроль лаб. 172.

По стабильности процесса:

1. Наличие значительного постоянно растущего НЗП из 10 комплектов штабиков в двух вакуумных шкафах перед операцией плавления в поликристалл.

2. Значительные колебания ВПП токарной обработки штабиков от 2 до 7 часов.

3. Отсутствие системы планирования.

4. Отсутствие производственного контроля (ПК) по выпуску продукции на каждом переделе, нет четкого контроля даже на складе готовой продукции, по запросу поступали разные данные по количеству готовых прутков.

5. Отсутствие связи между потребностями участка ростовых установок (лаб.208) и участком прессования (лаб.172). Лаборатория 172 каждый день вытаскивала партию штабиков по 12 штук, а в лаб. 208 происходило скопление партий, из-за вывода одной ростовой установки под другие задачи.

6. После плавления есть нестабильность по диаметру поликристаллов, что требует дополнительной обработки поликристалла.

7. Узкая специализация операторов не позволяет гибко реагировать на изменения.

8. Спечённые штабики содержат газовые включения, приводящие к дестабилизации плавки, различного рода наплывам, разрыву капли при плавлении и как следствие к увеличению потерь материала и времени на изготовление.

9. Было определено, что нестабильный процесс плавки возможен из-за неравномерной плотности штабика по всей длине.

10. Также обратили внимание на запылённость рабочего места токаря при обработке штабиков, которое приводит к дополнительному времени на очистку станка и рабочей зоны.

11. Отсутствие визуализации количества произведенной продукции.

Улучшения в проекте:

После построения карты ПСЦ текущего состояния и определения целевого состояния, стали планировать эксперименты на изменение технологических операций и проведение улучшений на рабочих местах.

В первую очередь обратили внимание на стабилизацию процесса плавки и собрали исходные данные для проведения качественной плавки от внутреннего заказчика (лаб.208), и сформировали требования для изготовителей штабиков (лаб.172).

По потере материала при проведении операций засыпки и виброуплотнения провели улучшения на рабочем месте, доработали вибростол, установив поддон, позволяющий сохранять просыпанный порошок и включать его в партию.

При анализе операции засыпки поставили вопрос о целесообразности предварительной сушки порошка каждой партии, перед началом засыпки порошок сушат в вакуумных шкафах 15 часов, за процессом наблюдает сменный персонал. Выяснилось, что сушку организовали для исключения набора влажности порошка. Провели исследования влияния влажности на порошок, выяснилось, что 15 часов сушки после вскрытия вакуумной упаковки, дает только 0,02%, после того как порошок находится на открытом воздухе он набирает влажность за 1 час, а процесс засыпки и виброуплотнения составляет 4 часа. Операцию сушки исключили из технологического процесса.

Протокол измерения влажности порошка молибдена от 15.05.2015

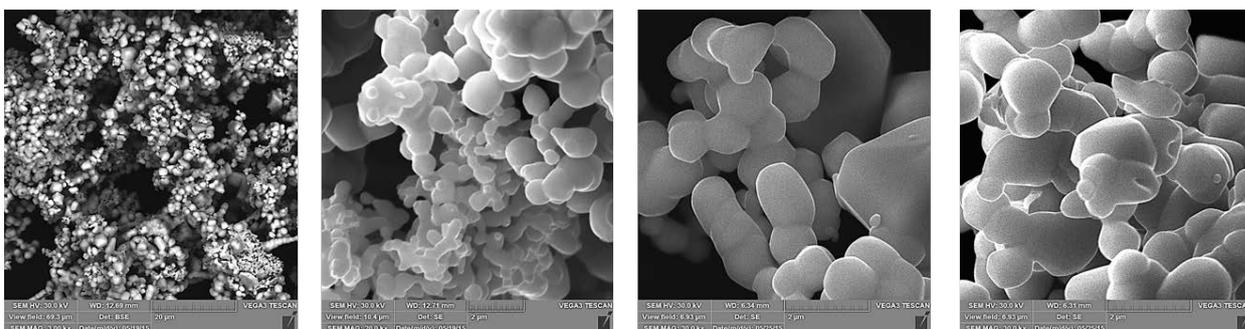
Условия измерения порошка	Влажность, %
Порошок молибденовый из банки	0,12
Порошок молибденовый после сушки в суш. шкафу	0,10
После 1 часа на воздухе	0,12
После 2 часов на воздухе	0,14
После 3 часов на воздухе	0,15
После 4 часов на воздухе	0,17

Внутренний заказчик (лаб. 208) выдвинул требование, что если будет длинный штабик, вместо двух соединенных коротких, то процесс плавки будет более качественным. Мы провели моделирование при плавке длинных штабиков, и посмотрели влияние на время плавки, потерю материала и как мы можем приблизиться к автоматизации процесса плавки, решение по использованию длинных штабиков положительно влияло на все показатели. Запланировали эксперимент по изготовлению длинных штабиков и их плавки. Были изготовлены два варианта длинных штабиков, в количестве 10 штук. Технология изготовления длинных штабиков позволила сохранить в допуске отклонение от прямолинейности (были опасения, что будет большая стрела прогиба), специалисты по спеканию включили дополнительный отжиг при 1100 градусах на одном варианте и это повлияло на стабильность процесса плавки, эксперимент с этим вариантом был удачным, что позволило нам приблизиться к автоматизации процесса, сократить потерю материала с каждого прутка, сократить время плавки поликристалла. Но изготовление длинных штабиков значительно увеличило трудозатраты в лаб. 172 и требует механизации процесса и оптимизации трудозатрат.

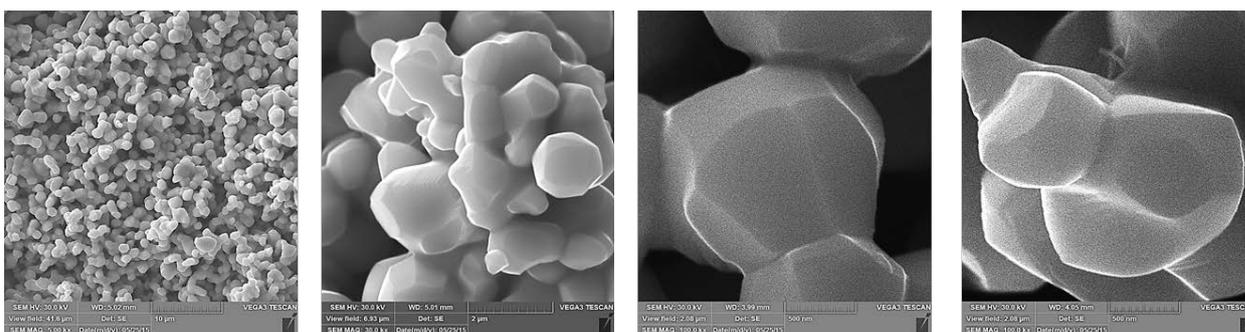
По результатам эксперимента с длинными штабиками, внесли изменения в технологический процесс при изготовлении коротких штабиков включив операцию отжига и уменьшив газовые включения, которые привели к более стабильному процессу плавки и уменьшению ВПП и потерь материала.

Дополнительно при проведении засыпки порошка и его виброуплотнения провели эксперимент по переворачиванию пресс-формы (верх-низ, низ-верх), для проверки версии, что неравномерная засыпка приводит к неравноплотности штабика, ранее переворачивания пресс-формы не делали и была версия, что нижние слои более плотные. При плавке в лаб. 208 отметили, что плавка прошла лучше, мы включили данный элемент в тех. процесс.

Организовали поиск причин неравномерной плавки с помощью исследовательских лабораторий, были исследованы длинные и короткие штабики по структуре, по закрытым и открытым порам, по плотности спрессованного материала. В процессе исследования выявили большое газосодержание в материале, после исследований включили на постоянной основе дополнительный отжиг при 1100 градусах в тех. процесс.



Исходный материал – порошок Мо



Длинный штабик

Далее внутренним заказчиком были выдвинуты новые требования по уменьшению диаметра штабиков, так как отношение затравки и штабика должно быть оптимально. Провели изыскание и уменьшили диаметр с 32мм до 28 ± 2 . Эксперимент выявил, что уменьшение диаметра не влияет на получение годных прутков, а процесс плавки стал более стабилен. Внесли изменение в КД и НТД, уменьшили количество запускаемого порошка на партию до 11кг.

Спланировали и провели эксперимент по определению факторов, влияющих на значение по отклонению от прямолинейности («стрелы прогиба»). Эксперимент проводился на 3 партиях, была гипотеза, что в зависимости от расположения штабиков в вакуумной печи (позиционирование) зависит «стрела прогиба». Гипотеза не подтвердилась, и теперь внимание было уделено к процессу засыпки и виброуплотнения, провели дополнительно хронометраж, столкнулись с необходимостью регламентирования процесса засыпки порошка и его виброуплотнения.

Далее регламентировали процесс засыпки, ранее засыпка осуществлялась оператором на его усмотрение «на глазок», сейчас засыпка в форму осуществляется по утвержденной технологии по 190 грамм за один раз, предварительно операторы подготавливают дозы засыпки на всю партию. Установили часы с секундомером на рабочем месте, для соблюдения технологии виброуплотнения, ранее оператор держал форму на вибростоле по времени на свое усмотрение. Были выполнены мероприятия по повышению уровня охраны труда и улучшения условий труда на рабочем месте засыпки и виброуплотнения. Внедрен стандарт организации рабочего места, рабочий стандарт по выполнению операций, стандарт на уборку рабочей зоны. Все мероприятия позволили уменьшить потерю материала, ранее на партию из 12

штабиков требовалось 12 кг порошка, сейчас запускаем 11 кг, 1 кг экономим с партии стоимостью почти 4 тыс. рублей (в текущем году количество партий порошка более 200).

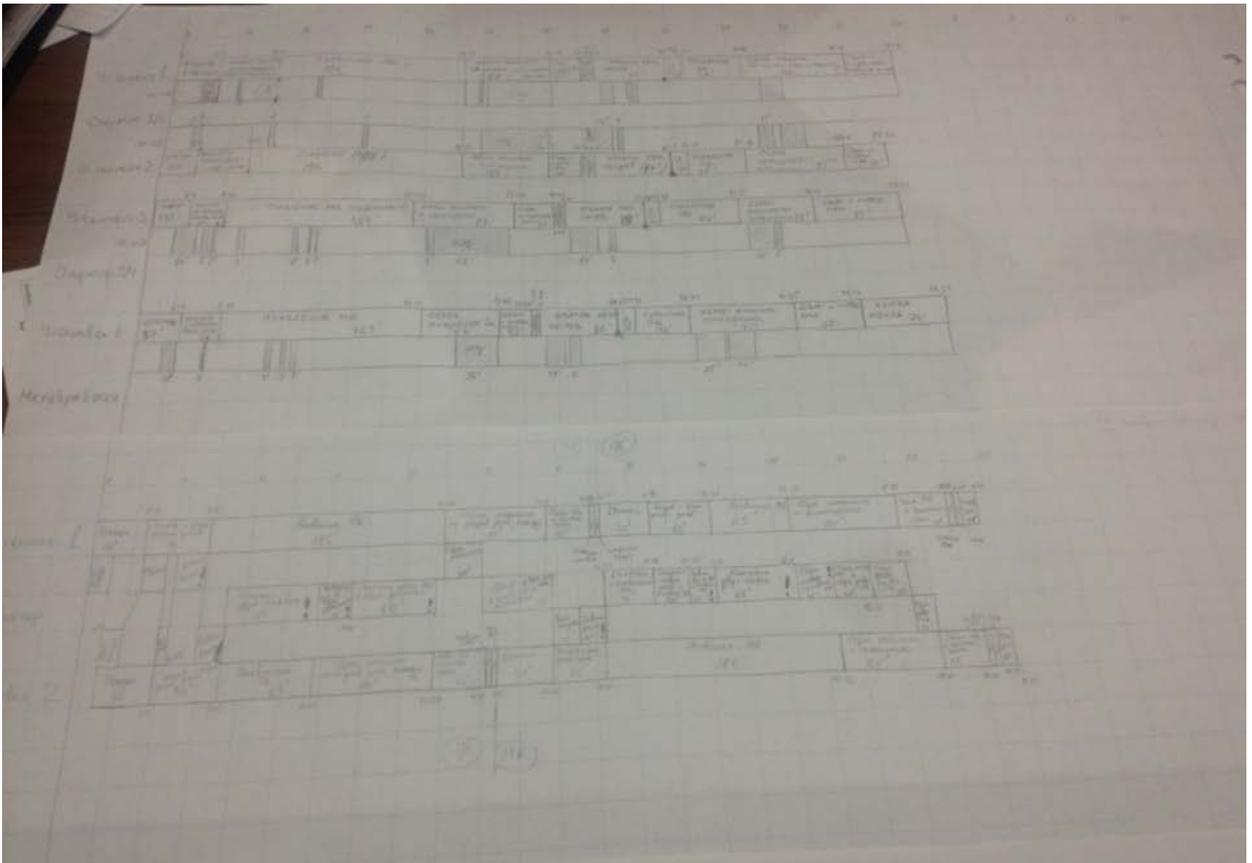
На операции по гидростатическому прессованию внедрен стандарт организации рабочего места, и карта автономного обслуживания гидростата (гидростат является критическим оборудованием в потоке), ранее работы проводились в момент отказа гидростата, что вело к продолжительным простоям. Провели эксперимент по одновременному прессованию трех пресс-форм, ранее запускали только две формы и получали два штабика. Улучшение позволило сократить время на изготовление штабиков. Внедрен стандарт выполнения операций гидростатического прессования штабиков.

По результатам анализа движения продукта в соответствии с планировкой (построили «диаграмму спагетти»), исключили контрольную операцию в ОТК в лаб. 172, так как происходило дублирование контроля и лишнее перемещение штабиков, а также потери времени на ожидание проведения контроля в ОТК, это позволило сократить время в потоке. Сам контроль ОТК проходил на 3 этаже, штабики приходилось нести 4 этажа за 2 раза (вес штабиков более 10 кг).

Следующие шаги в лаб. 172 провести эксперименты влияния набора влажности порошка в процессе засыпки и виброуплотнения, на неравномерную плотность штабика и изменение «стрелы прогиба».

По отделу 210 и лаб. 208 организовали работы по улучшению, чтобы максимально приблизиться к автоматизации процесса плавки. Провели хронометраж на переделах: плавление поликристаллов, плавление монокристаллов на 4 установках зонной плавки для 4 операторов. Определили текущую загрузку установок и операторов. Увидели, что операторы установок после каждой плавки выполняют работы по очистке внутренней поверхности установки, снятию, очистке и установке катодного узла, что составляет по результатам наблюдения и хронометража больше 60 минут. Эти работы лежат на «критике», если убрать у операторов эти работы и поручить их слесарю, можно высвободить время для изготовления 0,5 прутка с каждой установки.

Проработали с технологом варианты работы 1 оператора одновременно на 2 установках. Построили целевое состояние график работы 1 оператора на 2 установках. Проработали действия оператора на каждой установке до минут. Запланировали на проведение эксперимента, чтобы проверить возможность работы оператора на 2 установках.



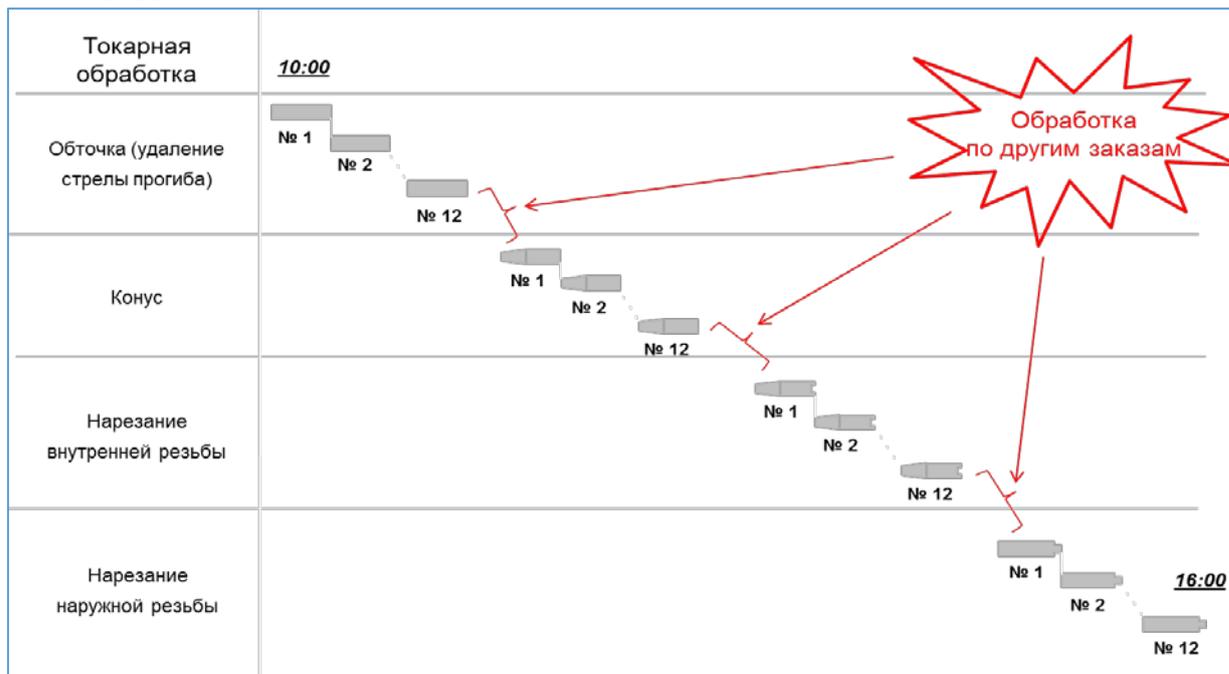
Но столкнулись с тем, что трудности по проведению эксперимента, лежат в технологии по изготовлению штабиков, а именно по уменьшению газосодержания в штабиках, которое приводит к дестабилизации процесса плавки поликристалла. Процесс будет запущен, когда будут введены две новые установки, позволяющие контролировать процесс плавки по диаметру и режимам работы установок. Мы освоили технологию изготовления длинных штабиков, уменьшили диаметр штабика, уменьшили газосодержание в штабиках, показали модель организации рабочего места 1 оператор на 2-х установках, смоделировали запуск нового процесса по изготовлению слитков монокристалла 1 оператор на 2-х установках. Решение за руководством предприятия!

Дополнительно провели улучшения на переделах при мехобработке, а именно было обнаружено, что при обработке штабиков токарь последовательно запускал обработку всей партии – все 12 штук обрабатывал на прямолинейность, далее 6 штук обрабатывал на конус, далее все 6 штук на внутреннюю резьбу, и следующие 6 штук на наружную резьбу. В этот момент ему поступали другие заказы, и токарь откладывал обработку штабиков, все это приводило к увеличению времени и скоплению запасов. По времени процесс выглядел так, штабики в 10:00 переносят в отдел 210 для проведения токарной обработки, которая длится до 16:00-17:00 часов в зависимости от величины стрелы прогиба, после проведения токарной обработки штабики пролеживают до 13 часов следующего дня – ожидание окончания плавления монокристаллов. Поставили задачи по корректировке графика плавления на ростовых установках: с 14:00 до 20:00 проплавливать штабики в поликристаллы,

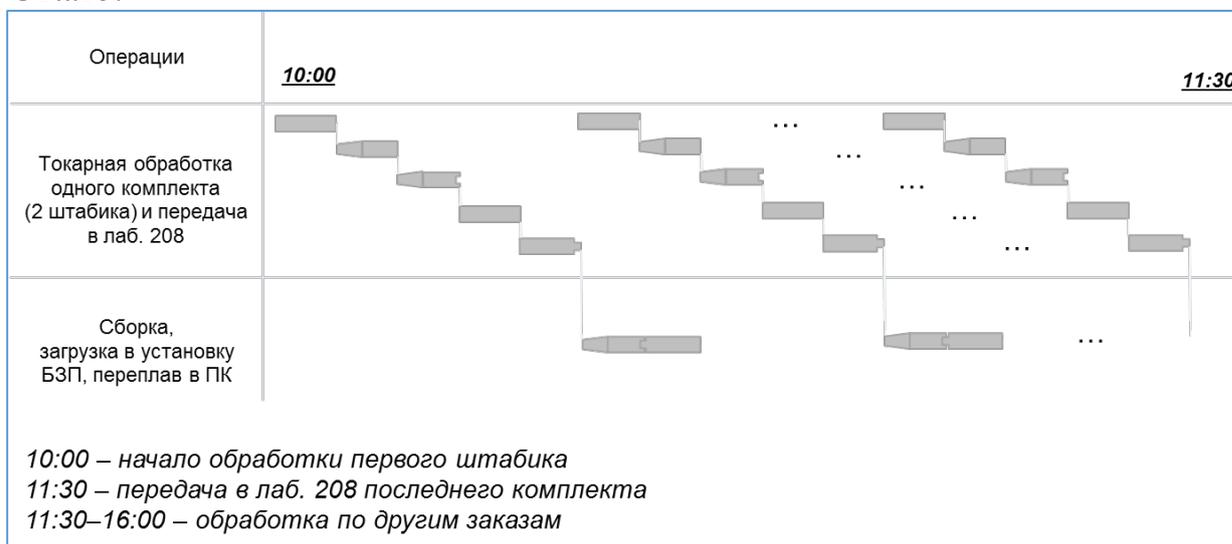
сократить время на токарную обработку и комплектование штабиков до 5 часов, было 7 часов, сократить время проведения контрольных операций до 1 часа, было 2 часа. Организовали работу токаря в другом режиме, до обеда он обрабатывает штабики, после обеда занимается другими заказами.

Режим обработки штабиков стал выглядеть так, токарь изготавливал один полуфабрикат и передавал на ростовые установки, операторы получали уже готовые к плавке штабики до обеда. Это позволило сократить ВПП по партии.

Было:

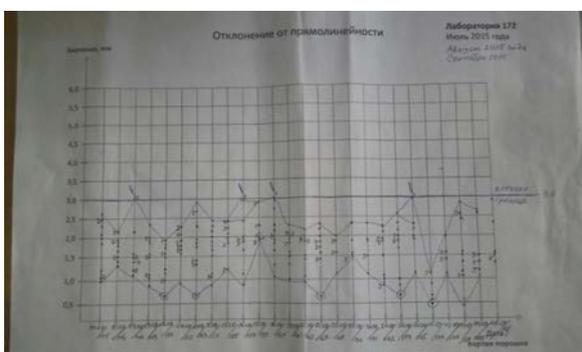
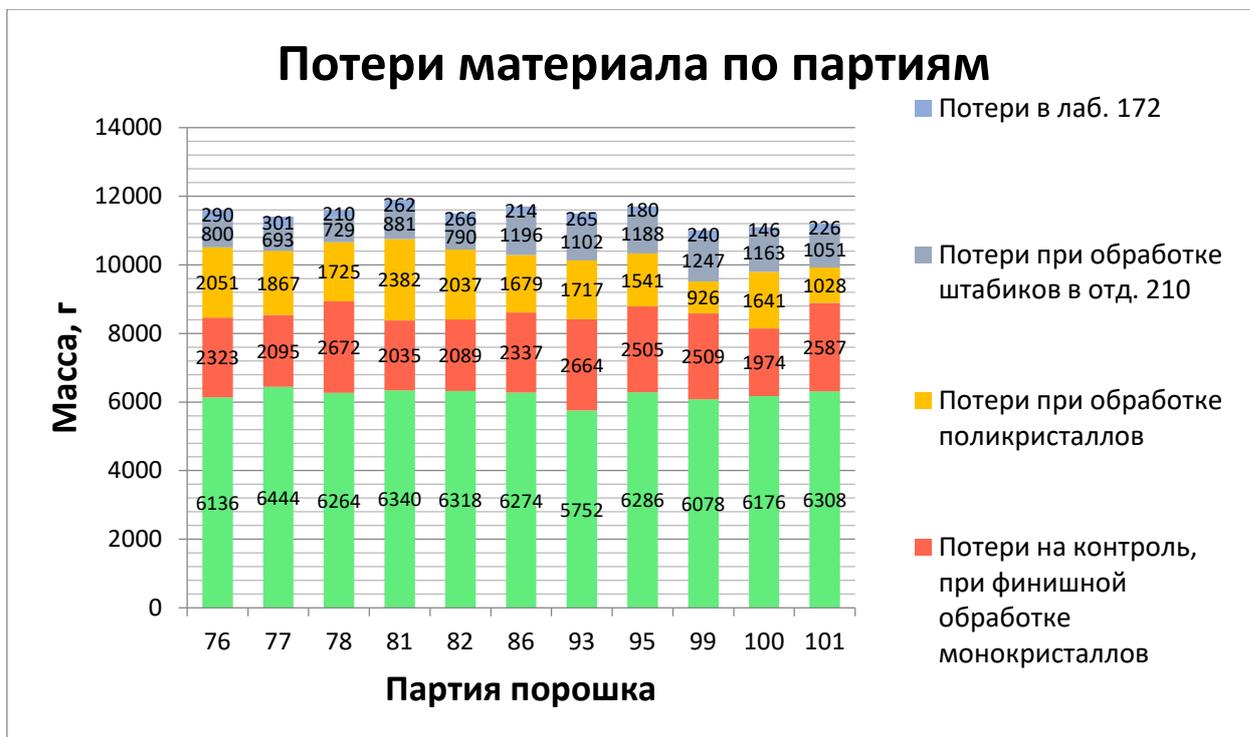


Стало:



Провели обучение работников производственному контролю на каждом переделе. Организовали ведение производственного контроля и производственного анализа (ПК/ПА) в лабораториях 172, 208, отд. 201, 210 - по всей цепочке изготовления монокристаллов. Обучили персонал, ведению ПК. Определили ответственного от каждого передела по заполнению фактических значений ВПП и потерь массы. Разработали регламент

проведения кратких ежедневных совещаний. Собрали статистику по ВПП и потерям массы на каждом переделе. А также провели анализ влияния улучшений в процессе на потерю материала.



Для достижения амбициозных показателей разработали общий сетевой план-график изготовления монокристаллов с длительностью изготовления одной партии в 12 дней. Далее разработали локальные почасовые сетевые графики для всех переделов: от порошка до готовой продукции. Чтобы сетевой план-график четко соблюдался разработали и внедрили единый сопроводительный лист к паспорту с расписанием работ с детализацией до минут. Разработали график упаковки готовой продукции до окончания договора. Средний темп упаковки готовой продукции 4,7 кг, определен максимальный лимит скопления готовой продукции на участке упаковки – не более 5 комплектов. График упаковки по статусу стал «задающим» темп всем остальным предыдущим переделам.

Столкнулись с проблемой роста межоперационных запасов перед операцией плавления штабиков в поликристаллы. Начали разбираться в причинах и выявили, что одна из 4-х ростовых установок была занята под отработку технологии на плавление вольфрама, остальные 3 ростовые установки просто не справлялись с постоянно нарастающим объемом штабиков, разные графики работы лабораторий 172 и 208, и не было регламента реагирования на изменение спроса на штабики, по факту лаб. 172 их «выталкивала» каждый день по 12 шт. в независимости от спроса. Мы разработали новый график поставки штабиков: с понедельника по среду по 6 штабиков в день, с четверга по пятницу 12 штабиков в день, таким образом перепроизводство штабиков исключалось. К такому решению мы пришли не сразу, но мы его нашли. Переработали общие и локальные сетевые графики, сопроводительные листы с учетом гибкого изменения спроса на штабики и выравнивания.

Далее мы отслеживали, как ведутся сопроводительные листы, анализ проводили каждый день, и каждый день мы выявляем новые проблемы. По итогам проведенной работы разработали регламент (техническое решение) по организации производства с учетом выравнивания.

По всему потоку рабочие места привели в порядок по системе 5С.

Основные результаты: ВПП от порошка до окончания упаковки готовых изделий составляет от 9 до 12 дней (по результатам анализа сопроводительных листов), целевое ВПП было 17 дней.

Хронология улучшений в начале проекта:

Наименование	Было	Стало (план)	Стало (факт)	За счёт чего достигаем результата
1 шаг Исключение пролёживаний, ожиданий выполнения технологических и контрольных операций, неравномерного объема партии: от 4 до 12 шт.	6 дней	0 дней	0 дней	1. Определен суточный темп выпуска монокристаллов – 4 слитка. 2. Определен максимальный объем партии: для коротких штабиков – 8 шт., для длинных – 4 шт., для поликристаллов – 4 шт. 3. Организовано ведение производственного контроля и сопроводительных листов с указанием регламентного времени и отслеживанием фактического времени нахождения полуфабрикатов и изделий на технологических и контрольных операциях.
2 шаг Ожидание результатов хим. анализа порошка	3 дня	0 дней	0 дней	Исключение операции хим. анализа порошка Mo из критического пути потока
3 шаг Процесс плавки поликристаллического слитка	130 минут	105 минут	105 минут	1. Исключение стыка между двумя штабиками (изготовление и плавление 1 длинного штабика вместо двух коротких). 2. Введение операции обезгаживания штабиков при их спекании.
4 шаг Процесс механической обработки штабиков	360 минут	240 минут	240 минут	1. Исключение операций по нарезанию резьбы и ответного резьбового отверстия для соединения двух штабиков. 2. Уменьшение объема партии с 6 до 4 комплектов
5 шаг Процесс механической обработки поликристаллических слитков	420 минут	360 минут	360 минут	1. Сокращение времени механической обработки за счёт уменьшенного съема наплывов металла на поликристалле. 2. Проведение сортировки фрез с необходимой шириной режущей кромки. 3. Уменьшение объема партии с 6 до 4 комплектов.

	Наименование	Было, г	Стало (План), г	Стало (Факт), г	За счет чего достигаем результата
1 шаг	Процесс подготовки к гидростатическому прессованию	600	→ 200	200	Установка поддона на вибростол при выполнении операции засыпки и уплотнения исходного порошка
2 шаг	Процесс механической обработки штабиков	230	→ 70	70	Экономия материала за счет исключения выполнения операции по нарезанию внутренней и наружной резьбы на комплекте штабиков
3 шаг	Процесс механической обработки поликристалла	300	→ 150	150	Исключение наплывов и волнистости поверхности поликристалла за счет оптимизации режимов т/о и изменения конструкции штабика.

По времени протекания процесса на июль 2015 года:

1. По состоянию на апрель – 25 рабочих дней.
2. По состоянию на июнь – 19 рабочих дней.
3. Цель на сентябрь – 17 дней.
4. Амбициозная цель – 12 дней.

По потерям материала на июль 2015 года:

1. По состоянию на апрель – 52 %.
2. По состоянию на июнь – 45 %.
3. Цель на сентябрь – 20%.

По времени протекания процесса на сентябрь 2015 года:

1. По состоянию на апрель – 25 рабочих дней.
2. По состоянию на август – 9-12 рабочих дней.
3. Цель на сентябрь – 17 дней.
4. Амбициозная цель – 12 дней.

По потерям материала на сентябрь 2015 года:

1. По состоянию на апрель – 52 %.
2. По состоянию на август – 37 %.
3. Цель на сентябрь – 20%.