

Рисунок 4 – Фигуры Лиссажу при различных нагрузках

Таким образом, полученные фигуры Лиссажу можно использовать для оценки качества изоля-

ции. Данные графические материалы авторы используют в качестве дополнительных исходных данных разработанной системы, основанной на применении сверточных нейронных сетей для цели диагностики, классификации неисправностей трансформаторов и оценки остаточного ресурса.

Литература

1. Яхья, А. А. Проблемы энергетики / А. А. Яхья, В. М. Левин. – 2019. – № 21 (6). – С. 11–18.
2. Проблемы энергетики / А. Н. Васев [и др.]. – 2018. – № 20 (11–12). – С. 16–26.
3. Вопросы современной науки и практики / А. И. Хальясмаа [и др.] // Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 1 (45). – С. 289–300.

УДК 658.51

ИНСТРУМЕНТЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА Гузаревиц И.А., Домениковский Э.И., Спесивцева Ю.Б.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассмотрены инструменты бережливого производства на примере промышленного предприятия машиностроительного профиля.

Ключевые слова: инструменты бережливого производства.

LEAN MANUFACTURING TOOLS Guzarevich I., Domenikovskiy E., Spesivtseva Y.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The lean manufacturing tools are considered on the example of an industrial machine-building enterprise.
Key words: lean manufacturing tools.

*Correspondence address: Spesivtseva Y.B., pr. Nezavisimosti, 65, Minsk 220113, Republic of Belarus
e-mail: spesivtseva@bntu.by*

Инструменты бережливого производства используют при стремлении улучшить процессы и предотвратить любую возможность возникновения дефектов [1]. Феномен бережливого производства – это философия, подходы которой являются универсальными для разных стран и отраслей промышленности [2].

Каждый из инструментов интересен сам по себе, однако наиболее эффективно использовать их в комплексе. Большинство из них универсальны и подходят как организациям, выпускающим продукцию, так и оказывающим услуги.

Рассмотрим как применяются принципы бережливого производства в цеху мелкой штамповки (ЦМШ) промышленного предприятия машиностроительного профиля.

5S – организация рабочего места, свободного от беспорядка и обеспечивающего эффективную, безопасную и эргономичную работу [3]. Инструмент реализуется пятью следующими действиями.

Сортировка. На рабочем столе прессы нет ничего лишнего. Все предметы, которые в данный момент не нужны убраны в специальные кармашки.

Рациональное расположение. Рабочие штампы в цеху пронумерованы и расположены согласно своему номеру на специальных полках, откуда снимаются (и куда ставятся) с помощью крана ручного управления. Такой прием помогает найти и достать нужный штамп за минимальное время.

Уборка. После окончания работы рабочий обязан убрать свое рабочее место от отходов. На некоторых штампах очистка отходов проводится регулярно в течении рабочего дня для поддержания работоспособности штампа.

Стандартизированная работа – процессы должны быть согласованы, задокументированы и контролироваться. Это базовый уровень, с которого начинается оптимизация. В ЦМШ все процессы задокументированы. При установке нового штампа на прессовый станок проводится наладка станка. В процессе работы, производится выборочный контроль деталей для проверки, нужна ли станку подналадка. Стабильность вышеперечисленных процессов обеспечивается соблюдением норм, установленных в документации.

Совершенствование установленных процедур. В ЦМШ используют приспособления для быстрого перемещения отштампованных деталей и удобной работы оператора.

Total Productive Maintenance (TPM) – комплексный подход, направленный на предотвращение возникновения каких-либо проблем. Основная идея TPM – вовлечение в процесс производства всего персонала предприятия, а не только соответствующих служб.

Элементы этого инструмент бережливого производства есть в ЦМШ. За исправностью каждого штампа следят не только наладчики, но и сами рабочие, что уменьшает вероятность простоя оборудования.

Визуальное управление – организация процесса таким образом, чтобы с первого взгляда было очевидно, как все работает. Это позволяет заметить, если произошло что-то ненормальное. В ЦМШ определить отклонения от нормального течения процесса достаточно несложно. При работе надо визуально оценивать качество отштампованной детали и если есть дефекты, например, наличие больших заусенцев или непробитое отверстие, то процесс требует вмешательства.

7 потерь. Потеря, в рамках этого инструмента, определяется как любое действие, не добавляющий ценности.

Переделка. В ЦМШ много брака. Прежде всего это связано с недостаточной квалификацией рабочих.

Ожидание. Основной причиной является неодинаковая загруженность отдельных рабочих и техники, например, при отсутствии свободных кранов для перемещения готовых деталей с первой операции на последующие и при замене штампа на прессе.

Излишние запасы. Неиспользуемых материалов в ЦМШ мало. Заготовки хранятся в самом цеху, что позволяет быстро доставить их к нужному прессу с помощью крана.

Ненужные движения. Могут возникнуть у левшей, т. к. положение ящиков с обработанными деталями и заготовками ориентировано на людей с рабочей правой рукой.

Излишняя работа. В ЦМШ работа строго соответствует инструкции, которая не предусматривает какие-либо альтернативные действия.

Простой оборудования. В ЦМШ неисправные штампы быстро меняют, простой оборудования незначительный.

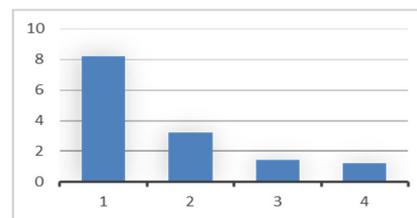
Проверки, выявление дефектов после того, как они возникли. Если станок настроен, нет необходимости для дополнительного контроля.

Just in Time (Точно в срок) или JIT – концепция управления производством, при которой производственные запасы подаются небольшими партиями непосредственно в нужные точки производственного процесса, минуя склад, а готовая продукция сразу отгружается покупателям. Элементы такого подхода присутствуют в цеху.

Сокращение запасов. Сокращение складских запасов изготовленной продукции жизненно важно для улучшения процессов. Выбранный цех эффективно реализует этот инструмент бережливого производства. Обработанные детали в течение часа отправляются в другой цех для сборки или отправляются заказчику.

Поток – это процесс, в котором продукты перетекают по одному от операции к операции без задержек между операциями. При этом выявляются любые проблемы в процессе, отсутствует потребность в хранении незавершенной продукции. Этот инструмент внедрить в ЦМШ невозможно, т. к. каждый пресс имеет свою мощность и располагается в ряду с такими же прессами, в большинстве случаев для вырубki требуется больше усилия, чем при гибке. Таким образом, при перетекании одной операции в другую, работнику придется постоянно перемещаться между рядами от одного пресса к другому, что приведет к большим потерям и простоям оборудования.

Выбрать наиболее актуальный в настоящее время инструмент бережливого производства можно с помощью анализа затрат, добавляющих и не добавляющих ценности продукту [4]. Такой анализ сделан для механосборочного цеха (рис. 1).



1 – материалы, обработка, сборка, установка, комплектующие, хранение, контроль качества; 2 – поиск нужного инструмента, повторная обработка, транспортировка заготовок, ненормированный режим; 3 – неорганизованность рабочего места; 4 – брак

Рисунок 1 – Диаграмма ценностей

Предложено использовать инструмент бережливого производства FOS-анализ, основным приемом которого является разработка карт стандартных операций.

В процессе наблюдения за технологическими операциями, последовательностью действий работников даются рекомендации по их корректированию. Последовательность действий оформляется стандартными операционными картами, в которых прописаны наиболее эффективные приемы труда.

Большинство инструментов бережливого производства можно внедрять в рамках системы менеджмента качества, реализуя подход постоянного совершенствования организации Кайдзен [5]. Японский термин означает непрерывное улучшение процессов, производительности, культуры, качества продукции с вовлечением каждого сотрудника организации на постоянной основе в этот процесс. Изменения не всегда являются

значительными, но за счет их большого количества они приводят заметному суммарному результату.

Литература

1. Бережливое производство. Основные положения и словарь : ГОСТ Р 56020-2014. – Стандартиформ. – Введ. 01.03.2015. – 15 с.

2. Вумек, Д. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Д. Вумек, Д. Джонс. – Изд.: Альпина Паблишер, 2022. – 472 с.

3. Хироюки, Хирано. 5S для рабочих : как улучшить свое рабочее место / Хироюки Хирано. – Изд.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 158 с.

4. Шук, Д. Учитесь видеть бизнес-процессы: Практика построения карт потоков создания ценности / Д. Шук, М. Ротер. – Изд.: Альпина Паблишер. – 2015. – 136 с.

5. Масааки, Имаи. Гемба Кайдзен. Путь к снижению затрат и повышению качества / Имаи Масааки. – Изд.: Альпина Паблишер. – 2022. – 414 с.

УДК 621

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛИКВИДУСА ТРОЙНОЙ СИСТЕМЫ Au-Ge-Sb МЕТОДОМ СИМПЛЕКСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Джураев Т.Д., Рахимов Ф.К., Мирзоева Б.М.

*ТТУ имени академика М. Осими
Душанбе, Республика Таджикистан*

Аннотация. В статье изучено и построено поверхность ликвидуса диаграммы состояния трехкомпонентной системы золота-германий-сурьма методом симплексного планирования экспериментов.

Ключевые слова: золота, германий, сурьма, сплав, диаграмма, ликвидус, симплекс, температура, раствор, эвтектика, плавления, матрица.

CONSTRUCTION OF THE LIQUIDUS TRIPLE SURFACE Au-Ge-Sb SYSTEMS BY THE SIMPLEX PLANNING METHOD

Dzhuraev T., Rakhimov F., Mirzoeva B., Nimonov R.

*TTU named after Academician M. Osimi
Dushanbe, Republic of Tajikistan*

Abstract. In the article, the liquidus surface of the state diagram of the three-component gold-germanium-antimony system was studied and constructed by the method of simplex planning of experiments.

Key words: gold, germanium, antimony, alloy, diagram, liquidus, simplex, temperature, solution, eutectic, melting, matrix.

*Адрес для переписки: Джураев Т.Д., пр. акад. Радажабовых, 10, Душанбе 734042, Республика Таджикистан
e-mail: mcm45@mail.ru*

Сплавы золота с германием обладают хорошими литейными свойствами, увеличиваются в объеме при затвердевании, поэтому могут служить для изготовления точных отливок. Эвтектический состав сплава золота с германием, характеризующийся высокой твердостью, предложен для нанесения твердых покрытий на золоте или на изделиях, покрытых золотом [1].

Для создание новых легкоплавких составов сплавов на основе золота с германием используется дополнительное легирование.

Таким легирующим компонентом в данном случае является сурьма, которая образует, как с золотом, так и с германием легкоплавкие эвтектические сплавы [1].

Сплав золото – сурьма применяют в радиоэлектронике для покрытия контактов, а также в медицинской промышленности для покрытия различного инструмента.

Покрытия сплавами золота с сурьмой характеризуются высокой твердостью и износостойкостью. Эти сплавы перспективны для их использования в качестве контактного материала, а также в производстве транзисторов.

Анализ показывает [2] что двойные диаграммы состояния систем Au-Ge, Au-Sb и Ge-Sb построены. В системе золото – германий наблюдается эвтектическое превращение при температуре 361 °С и содержании 28 % (ат.) германия (рис. 1). В твердом состоянии максимальная растворимость Ge в Au составляет 3,0 % (ат.).

Установлено, что золото с сурьмой образует диаграмму состояния с эвтектикой которая плавится при 360 °С и содержании 34,8 % (ат.) сурьмы [2]. При кристаллизации в системе наблюдается образование по перитектической реакции при температуре 460°С соединения AuSb₂, имеющего узкую область гомогенности (рис. 1). Растворимость Sb в твердом состоянии Au при различных температурах составляет в % (ат.): 1,12, 1,10, 0,91, 0,64 и 0,34, соответственно, при температурах 600, 500, 400, 360 и 300 °С.

Сплавы системы Ge-Sb представляют собой эвтектическую механическую смесь. В системе установлено эвтектическое равновесие между Ge-Sb, которое осуществляется при температуре 592°С и содержании 85,5% (ат.) Sb (см. рис. 1).