

ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.5.015:919.711.3

АНАЛИЗ ГИБКОГО ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

С.В. ЛУКЪЯНЕЦ, П.А. ОРДА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 12 июня 2009*

Исследуются участки штамповки деталей из штучных заготовок и полосы. Составлены сети Петри, с их помощью выявлены узкие места в работе участков. Предлагаются усовершенствованные алгоритмы организации производства. Приводятся результаты компьютерного моделирования исследуемых технологических процессов. Сформулирована методика анализа гибкого штамповочного производства и даны рекомендации по повышению его эффективности.

Ключевые слова: гибкое штамповочное производство, сеть Петри, имитационное моделирование, загрузка оборудования.

Введение

Основными видами широко распространенного дискретного многономенклатурного производства являются штамповка, ковка, сборка. На этапе системотехнического синтеза, связанном с разработкой структуры и алгоритмов функционирования системы, целесообразно использование имитационного моделирования, а для первоначального анализа производственного процесса — применение сетей Петри.

Рассмотрим гибкое штамповочное производство деталей из штучной заготовки и из полосы [1]. Целью исследования является анализ такого производства, направленный на учет особенностей функционирования оборудования и его взаимодействия, выявление конфликтных ситуаций и выработку способов их устранения.

Компоновочная схема и алгоритм функционирования участков

Обобщенная структурно-компоновочная схема показана на рис. 1.

Алгоритм работы участков представлен на рис. 2. Блоки 10, 11 соответствуют резке отходов в случае штамповки из полосовой заготовки, при штамповке из штучной заготовки отсутствуют.

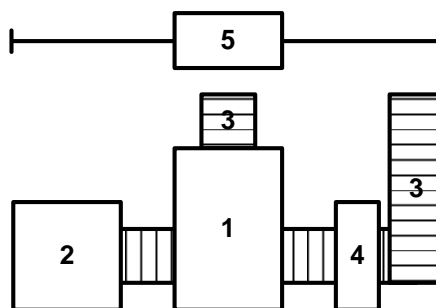


Рис. 1. Обобщенная структурно-компоновочная схема участка штамповки: 1 — штамповочный пресс с устройством автоматической замены штампа; 2 — устройство подачи заготовки из магазина (кассеты) в пресс; 3 — устройства автоматической замены кассет с готовыми заготовками и отходами производства; 4 — ножницы для резки отходов (в случае полосовой заготовки); 5 — автоматическая транспортная тележка

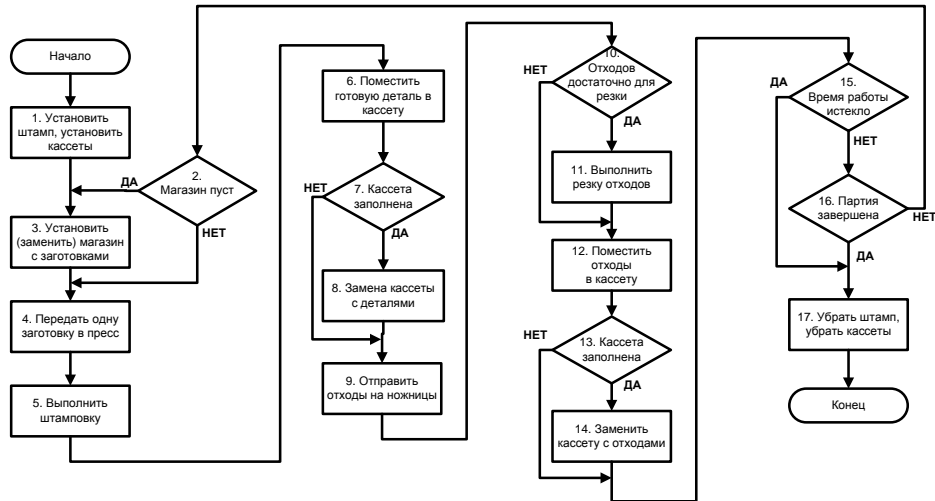
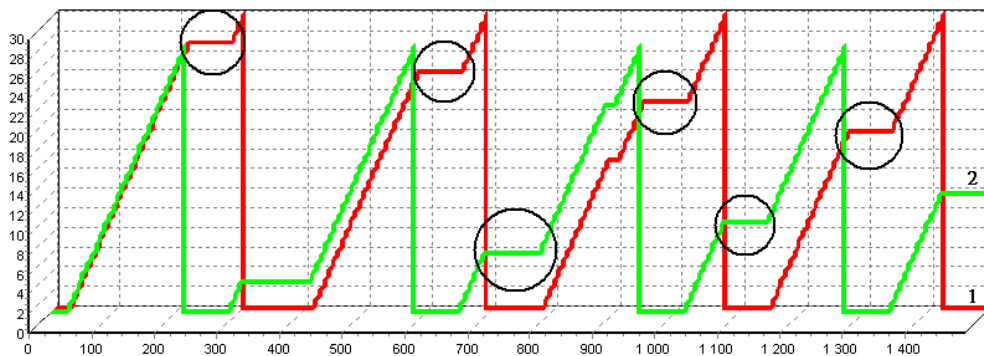


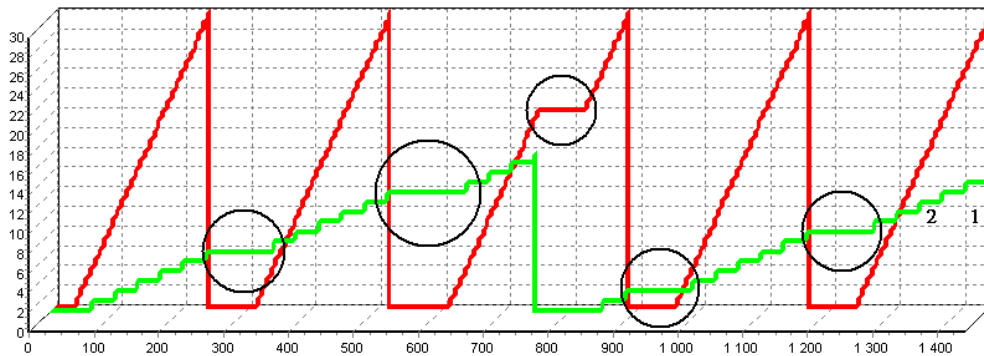
Рис. 2. Алгоритм функционирования участков штамповки

Исследование участков штамповки на основе сетей Петри

Для дальнейшего исследования штамповочного производства были составлены временные сети Петри [2]. На основе данных, полученных при их моделировании, построены циклограммы заполнения и замены тары (рис. 3).



a

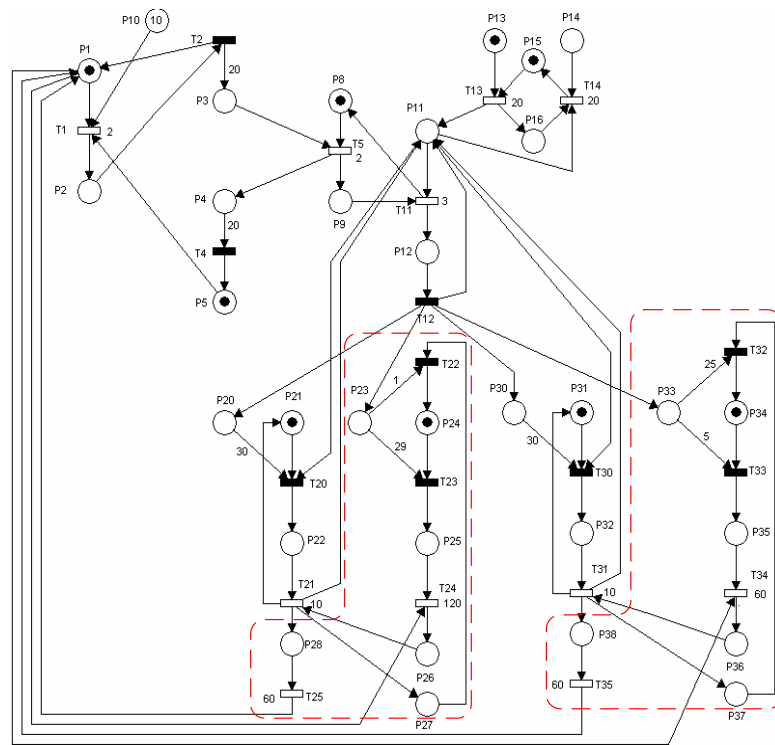


б

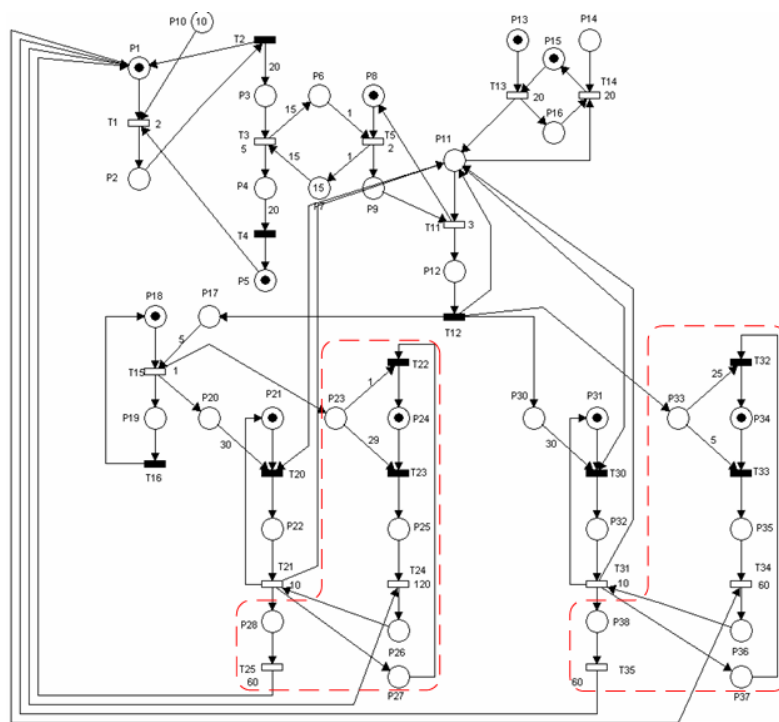
Рис. 3. Циклограммы заполнения и замены тары участков штамповки: из штучной заготовки (*a*); из полосовой заготовки (*б*); 1 — заполнение кассеты деталей; 2 — заполнение кассеты отходов

Из этих графиков видно, что пресс на каждом участке простаивает довольно долго во время транспортировки тары со склада и обратно (выделенные кружками площадки). Для

устранения простоя пресса в каждую сеть добавлен модуль (выделен штриховой линией), подготавливающий тележку с пустой тарой к моменту заполнения используемой (рис. 4).



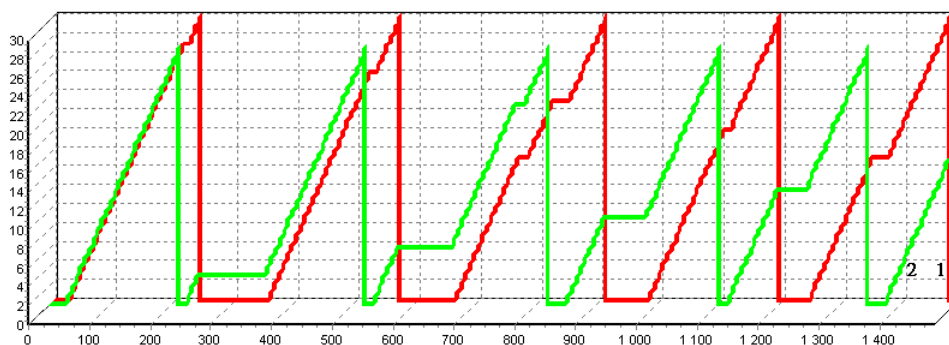
a



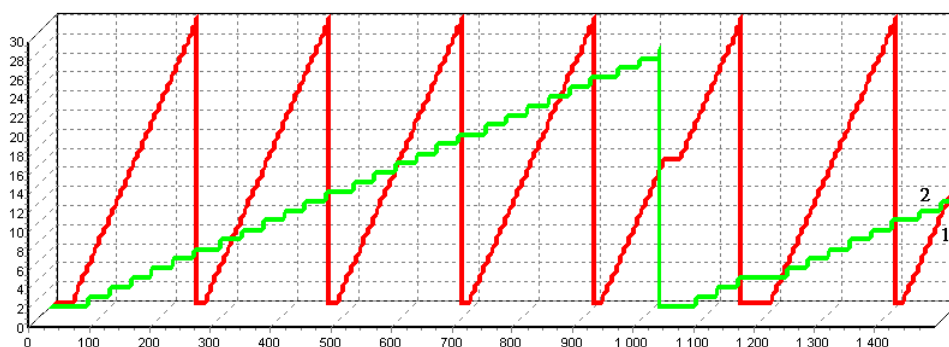
б

Рис. 4. Сеть Петри для усовершенствованных участков штамповки:
из штучной заготовки (*a*); из полосовой заготовки (*б*)

Циклограммы заполнения и замены тары в этом случае изображены на рис. 5.



a



б

Рис. 5. Циклограммы заполнения и замены тары при усовершенствованных алгоритмах работы участков штамповки: из штучной заготовки (*a*); из полосовой заготовки (*б*); 1 — заполнение кассеты деталей; 2 — заполнение кассеты отходов

Как следует из графиков, при применении этих мер достигнуто значительное увеличение загрузки прессов, а, следовательно, и производительности участков штамповки.

Моделирование работы участков штамповки на языке GPSS

Для более детального анализа рассматриваемого производства на языке GPSS построены модели участков штамповки (для исходного и усовершенствованного вариантов из штучной заготовки и из полосы).

При этом использовались различные входные параметры:

- размер партии: 100, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 деталей;
- емкость тары, для погрузки деталей и отходов штамповки: 50, 100, 200, 500 деталей;
- различный размер магазина с заготовками.

На графиках рис. 6 показаны зависимости времени изготовления партии деталей от ее размера. При построении характеристик использован вариант участка с кассетой в 500 деталей.

Как следует из графиков (приведенных и аналогичных для других размеров кассет), эта зависимость линейна — время работы прямо пропорционально размеру партии. Время, затрачиваемое на изготовление одной партии деталей на участке штамповки без предварительного запроса пустой тары, превышает аналогичное значение для участка с запросом. Разница во времени увеличивается с ростом размера партии.

На рис. 7 приведены графики зависимости загрузки оборудования от размера кассеты при производстве партии в 1000 деталей. Из графиков видно, что при использовании предварительной подготовки тары загрузка как основного, так и вспомогательного оборудования выше, чем в исходном варианте. Это свидетельствует о сокращении простоев, что особенно важно для работы основного оборудования — прессы. Прирост уменьшается по мере увеличения размера кассеты.

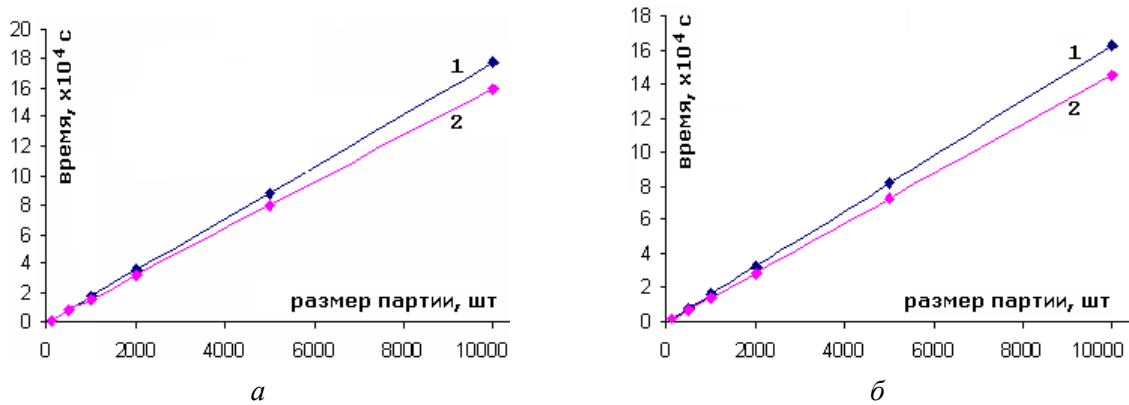


Рис. 6. Зависимость времени изготовления партии деталей от ее размера при штамповке: из штучной заготовки (а); из полосовой заготовки (б); 1 — исходная модель; 2 — улучшенная модель

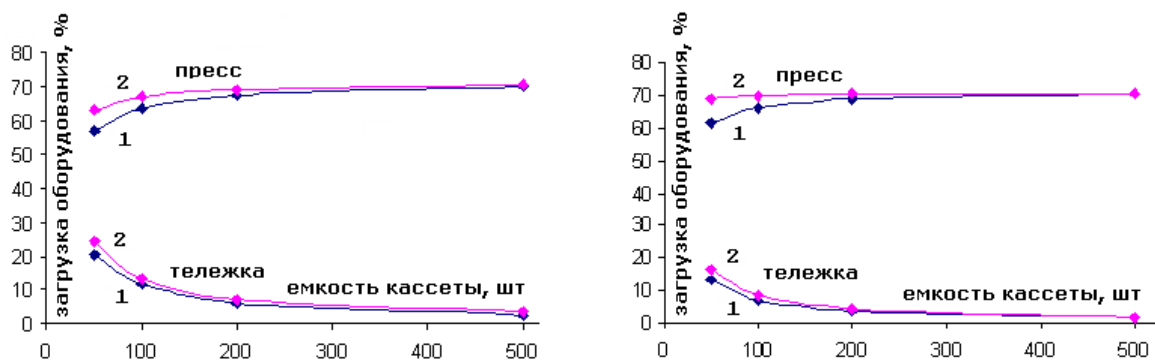


Рис. 7. Зависимость загрузки оборудования от размера кассеты при штамповке: из штучной заготовки (а); из полосовой заготовки (б); 1 — исходная модель; 2 — улучшенная модель

Кроме того, установлено, что для всех размеров партии при небольшой емкости кассеты загрузка прессы составляет примерно 60%, а при увеличении емкости кассеты возрастает до 70%. Загрузки же тележки больше при емкости кассеты до 200 единиц.

На графиках рис. 8 приведена зависимость загрузки прессы при усовершенствованном алгоритме в зависимости от размера партии и емкости кассеты одновременно.

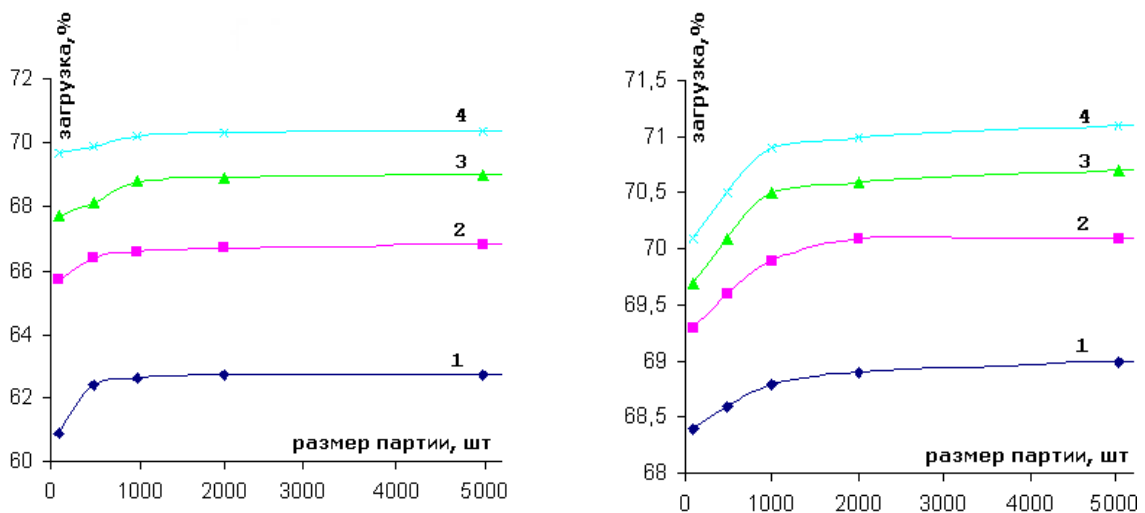


Рис. 8. Зависимость загрузки прессы от размера партии при штамповке: из штучной заготовки (а); из полосовой заготовки (б); емкость кассеты: 1 — 50 шт.; 2 — 100 шт.; 3 — 200 шт.; 4 — 500 шт.

При штамповке из штучной заготовки размер партии деталей оказывает влияние на загрузку прессы только при небольших величинах (до 1000 деталей). При большем размере партии загрузка прессы практически неизменна. Количество помещаемых в кассету деталей оказывает более значительное влияние, а именно: при емкости кассеты в 50 единиц загрузка прессы составляет 63%, при размере тары в 500 единиц она достигает значения 70%, так как при небольшом размере кассет много времени тратится на транспортировку со склада и на склад.

Для модели участка штамповки деталей из полосы характер зависимости аналогичен рассмотренному, однако численное различие загрузки при разной емкости кассет не так значительно. Загрузка прессы колеблется в пределах от 68% для тары емкостью в 50 единиц до 71% — для 500 единиц.

Также было выполнено моделирование работы участков штамповки за 2-х сменный период. Установлено, что при изменении емкости тары в 10 раз (от 50 до 500 единиц) количество отштампованных деталей увеличивается с 2900 до 3250 при штучной заготовке и с 3180 до 3270 при полосовой заготовке. При этом наибольший прирост производительности наблюдается при увеличении размера тары до 200 деталей, дальнейший рост — незначителен.

В результате выполненного исследования можно сформулировать общий порядок анализа гибкого штамповочного производства:

1. Составление структурно-компоновочной схемы производства и алгоритма его функционирования.
2. Синтез предварительной сети Петри, выявление недостатков (конфликтных ситуаций, избыточности и т.п.).
3. Устранение недостатков, синтез улучшенной сети Петри.
4. Разработка схемы имитационного моделирования, программы модели и выполнение компьютерного эксперимента.
5. Анализ полученных результатов и составление рекомендаций по организации производства.

Заключение

В данной работе построены имитационные модели штамповки деталей из штучных и полосовых заготовок без подготовки пустой тары и с применением дополнительной подготовки кассет. Составлены программы эксперимента и проведен анализ работы участка при различных вариантах размера партий, емкости магазина с заготовками и тары для деталей и отходов.

На основании проведенного численного анализа подтверждено увеличение производительности участков штамповки со структурой, улучшенной с помощью сетей Петри.

При производстве деталей небольшими партиями значительное влияние на загрузку основного оборудования (прессы) оказывает размер тары для изготовленных изделий и отходов производства. Размер же магазина с заготовками слабо влияет на производительность.

Для повышения эффективности производства целесообразно: на основе предложенной методики выполнить моделирование гибкого штамповочного производства, получить необходимые количественные показатели (производительность, загрузка оборудования); построить структурно-компоновочную схему производственного участка, предусмотрев в системе управления возможность организации транспортных операций параллельно основным операциям; при разработке оперативно-календарного плана производства выбрать рациональные размеры партий деталей и соответствующие им размеры тары под заготовки, изделия и отходы; с целью повышения загрузки вспомогательного оборудования предусмотреть возможность его использования для обслуживания других участков.

ANALYSIS OF FORMING FLEXIBLE PRODUCTION WITH THE USE OF SIMULATION MODELS

S.V. LUKYANETS, P.A. ORDA

Abstract

The paper focuses on investigation of automatic press forming sections from piece slugs and strips. With the help of Petri nets Bottlenecks in work of sections are revealed. As a result advanced algorithms of the manufacture organization are offered. Also results of computer modeling of investigated technological processes are supplied. The technique of the adjustable forming manufactures analysis is formulated and recommendations about increase of its efficiency are made.

Литература

1. *Лукьянец С.В., Пашкевич А.П.* Моделирование гибких производственных систем и роботизированных комплексов. Минск, 2005.
2. *Лукьянец С.В., Павлова А.В.* // Доклады БГУИР. 2008. № 2. С. 105–110.