ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ СОВМЕСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ТОЧЕНИЕМ И ОБКАТЫВАНИЕМ

Покинтелица Д.А., Головин С.А., Ивченко Т.Г.
(каф. ТМ, ДонНТУ, г.Донецк, Украина)

Повышение производительности механообработки с обеспечением высокого качества деталей является важнейшей задачей технологии машиностроения. Одним из возможных вариантов ее решения является комбинирование лезвийной и отделочно-упрочняющей обработок, обеспечивающих как снижение трудоемкости за счет совмещения операций, так и высокое качество поверхностного слоя.

В настоящей работе исследованы закономерности формирования неровностей профиля шероховатости при совместной обработке точением и обкатыванием наружных поверхностей вращения, на основании которых разработаны рекомендации по технологическому обеспечению требуемых параметров шероховатости поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

На основании исследований по формированию неровностей профиля шероховатости при различных методах обработки выявлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на шероховатость обработанной поверхности [1.2,3]:

$$R_Z=h_1+h_2+h_3+h_4\ , \tag{1}$$

где h_1,h_2,h_3,h_4 - составляющие профиля шероховатости, обусловленные, соответственно, геометрическими параметрами инструмента, колебаниями инструмента, деформациями обрабатываемого материала, шероховатостью режущих кромок инструмента.

При обкатывании составляющая профиля, обусловленная геометрическими параметрами инструмента h_1

$$h_1 = h_{геом} = S^2/8R, \tag{2}$$

где S- подача; R - радиус шарика или поперечный радиус ролика.

Составляющая профиля, обусловленная колебаниями инструмента значительно меньше, чем остальные составляющие и может быть принята равной 0 - $h_2= 0$.

Составляющая профиля, обусловленная деформациями обрабатываемого материала h_3 определяется как разность исходной высоты шероховатости R_{zu} и величины ее пластических деформаций - $h_{пл}$

$$h_3 =R_{zu} -h_{пл};\ R_{zu} = R_{zm} \tag{3}$$

Составляющая профиля h_4 обусловлена шероховатостью режущих кромок инструмента $h_4 = R_{ин}$.

Таким образом, расчетная высота неровностей профиля шероховатости R_Z (мм) для отделочно-упрочняющей обработки поверхностно-пластическим деформированием, если инструмент образует круглую или эллиптическую площадки контакта, может быть представлена как

$$R_z = S^2\big/8R + R_{zu} - h_{пл} + R_{ин}\,, \tag{4}$$

$$h_{пл} = R_{Pu}\left\{\frac{150P\left(1+f^2\right)^{0.5}}{\pi Rt_{mu}H_{\mu}\left[\frac{180-\arccos\left(S-a_{пл}\right)/a_{пл}}{180}\left(h_{кин}-h_{уп}\right)+2h_{уп}\right]}\right\}^{0,5}, \qquad (5)$$

где - P – рабочее усилие; f -коэффициент трения; $a_{пл}$ - радиус пластического отпечатка; $h_{уп}$ – упругое восстановление; $h_{кин}$ - глубина внедрения инструмента в обрабатываемую поверхность; H_{μ} - поверхностная микротвердость; R_{Pu}, t_{mu} - исходные параметры шероховатости: R_{Pu}= 0,65R_{zu} ; t_{mu}= 45%.

В том случае, когда обкатывание осуществляется как самостоятельная операция, параметры исходной шероховатости постоянны. При совместном точении и обкатывании исходные параметры шероховатости зависят от условий обработки, что необходимо учитывать при их нормировании.

При точении для резцов с круглой пластиной высота неровностей профиля шероховатости R_{zu} имеет вид:

$$R_{zu} = \frac{S^2}{8r} + \frac{b_{сд}\left(2s + b_{сд}\right)}{32r} + R_{ин} \qquad (6)$$

где r – радиус при вершине резца; $R_{ин}$ - высота неровностей профиля шероховатости на вершине резца; $b_{сд}$ - величина пластического оттеснения при резании:

$$b_{сд} = 0.5\rho\left(1 - 2\tau_0/\sigma_T\right); \qquad (7)$$

где ρ- радиус округления режущей кромки инструмента; σ_T- предел текучести обрабатываемого материала; τ_0- удельная сдвиговая прочность молекулярных связей.

Для расчета τ_0 и температуры в зоне резания T используются эмпирические уравнения:

$$\tau_o = 500 \Big/ 9.81\left(l^{-\frac{a(T+273)}{100+b}} + c\right); \quad T = \frac{P}{10^3\alpha F}\sigma(ts)^m v^l + 20^\circ, \qquad (8)$$

где a,b,c, p,m,l - эмпирические коэффициенты; α, σ - коэффициент линейного расширения и временное сопротивление разрыву материала инструмента соответственно; F - площадь поперечного сечения инструмента.

Влияние подачи s на составляющие параметра шероховатости R_z при обкатывании и исходную шероховатость после точения R_{zu} представлено на рис.1.

Графики дают наглядное представление о характере и степени влияния подачи на составляющие профиля шероховатости, обусловленные: геометрическими параметрами инструмента $h_1 = h_{геом}$, деформациями обрабатываемого материала $h_3 = R_{zu} - h_{пл}$, шероховатостью режущих кромок инструмента $h_4 = R_{ин}$.= 0,6мкм.

Результаты расчетов и представленные графики свидетельствуют о том, что с увеличением подачи все составляющие параметра шероховатости, в том числе и исходная шероховатость, увеличиваются.

На рис. 2 представлены графики зависимости параметра шероховатости R_a = 0,2R_z от подачи при совместной обработке точением и обкатыванием для следующих условий: обрабатываемый материал -

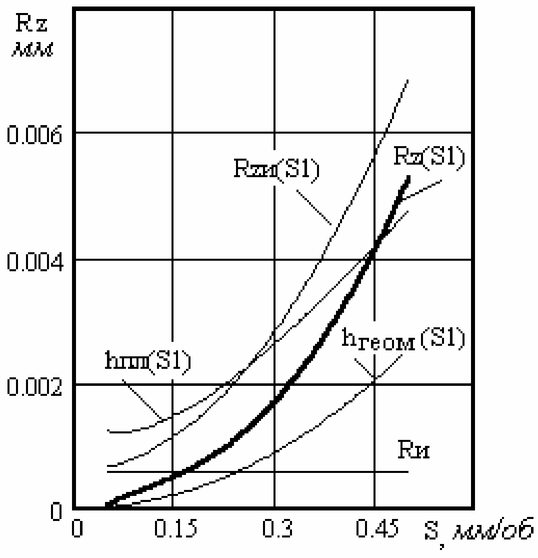


Рис. 1. Влияние подачи *s* на составляющие параметра шероховатости при обкатывании

сталь 45, σ= 750Мпа; параметры резца Т15К6 – радиус при вершине r = 5мм; радиус округления режущей кромки инструмента ρ = 0,03мм; режимы резания - скорость резания V =150м/мин; глубина t = 5мм; параметры обкатки - - P – рабочее усилие; f -коэффициент трения R = 15мм; рабочее усилие P = 500Н; коэффициент трения f = 0,15.

Полученные графики позволяют учитывать одновременное влияние изменения подачи на исходную шероховатость после точения $R_{aис}$ и окончательную шероховатость после обкатывания R_a. По полученным графикам может оцениваться изменение шероховатости при изменении подачи, а также устанавливаться значение подачи, соответствующие заданным значениям параметров шероховатости. Разработанная методика позволяет рассчитывать подачи для любых условий совместной обработки точением и обкатыванием.

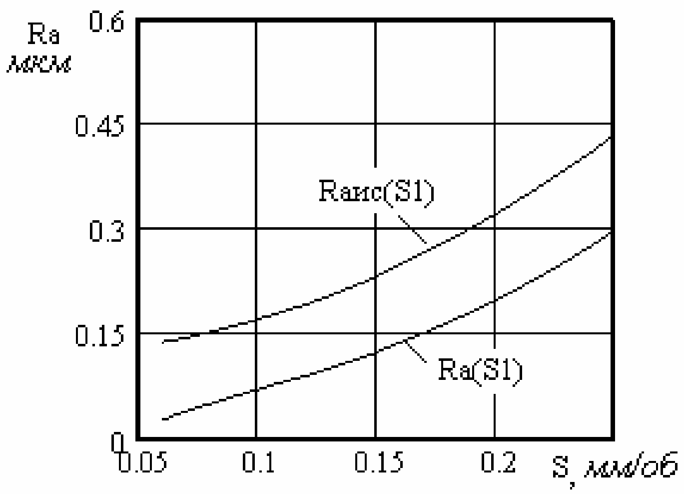


Рис. 2. Графики зависимости параметра исходной $R_{aис}$ и окончательной R_a шероховатости от подачи *s* при совместной обработке точением и обкатыванием.

Таким образом, на основании проведенных исследований закономерностей формирования неровностей профиля шероховатости при совместной обработке точением и обкатыванием наружных поверхностей вращения разработаны рекомендации по выбору подачи, позволяющие обеспечить требуемые параметры шероховатости поверхностного слоя обрабатываемых деталей и гарантированное повышение уровня эксплуатационных свойств деталей машин.

Список литературы: 1. Качество машин: Справочник в 2-х т.Т.1/ А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др. - М.: Машиностроение, 1995.-256с. **2.** Качество машин: Справочник в 2-х т.Т.2 / А.Г. Суслов, Ю.В. Гуляев, А.М. Дальский и др. - М.: Машиностроение, 1995.-430с. **3.** Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320с.

СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ МАГНІТНИХ ПІДШИПНИКІВ

Рімекастен К. *(Отто-фон-Геріке-Університет, м.Магдебург, Німеччина)*
Хелер Д. *(Отто-фон-Геріке-Університет, м.Магдебург, Німеччина)*
Шведенко Є.М. *(каф. СПУ, ДонНТУ, м.Донецьк, Україна)*

З розвитком обсягу у машинобудівельному виробництві та підвищенням потреб до якості продукції, що випускається, постає задача у підвищенні продуктивності та надійності металообробних верстатів, тому сприяє використання принципів магнітних підвісів.

Магнітні підшипники радіального типу використовуються у двигунах великої потужності для забезпечення довговічності роботи, надійності, стійкості до будь-якого навантаження, зменшення впливу шуму, відсутності тертя металевих частин та будь-якого змащення.

Перше згадування про магнітні підвіски було в 1937 році німецьким ученим Кемпером , що спробував за допомогою двох магнітів удержувати металевий предмет у просторі. На початку 60-х років принципи магнітних підвісів почали застосовувати в галузі космічної техніки – у гіроскопах. У 1977 з’явилась перша дорога на магнітній підвісці, у місті Відень, яка називалася “Transrapid 77”. Пізніше у Токіо з’явилась ще одна підвісна траса. У середині 80-х у Сумському НІІ було розроблено проект газотурбінної компресорної установки з використанням принципу магнітних підвісів, який потім був застосовуваний на газокомпресорній станції газопроводу “Уренгой-Ужгород”. На початку 90-х в ДонНТУ займалися розробками магнітних підшипників для двигунів великої потужності. В Європі вищевказані принципи використовуються у шпиндельних текстильних верстатах, де необхідно витримувати будь-які навантаження при швидкості обертання 40000 об/хв. В даний час у Німеччині займаються розробками металообробних верстатів для обробки деталей у тривимірному просторі. На рис.1. показаний майбутній металообробний верстат . Під впливом магнітного полю, у даному випадку блок циліндрів буде переміщуватися в просторі для зручності обробки. Метою такого впровадження з’явилися вимоги по збільшенню масштабів виробництва, надійності систем, якості продукції, точності обробки, відсутності тертя металевих частин, зменшення впливу шуму й спрощення засобів обробки (у даному випадку обробний пристрій – рука робота з меншою кількістю пружних зв’язків).

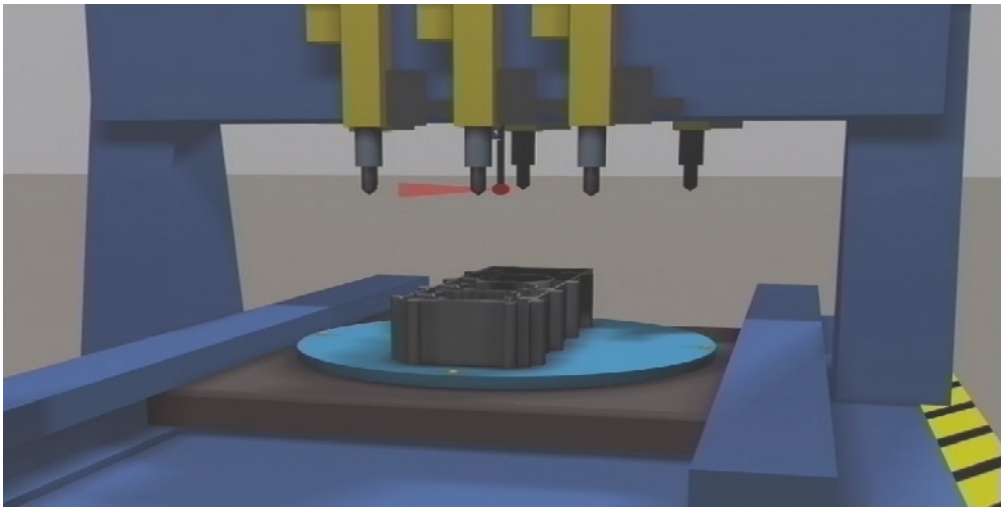


Рис.1. Майбутні металообробні верстати

Для вирішення деяких питань таких верстатів була розроблена магнітна система аксіального типу в місті Магдебурзі для двох ступенів свободи, що показана на рис. 2. Ця установка складається з чотирьох магнітів, два розташовано зверху і два – знизу, котушок та якорю. Зверху на магніти діє змінне навантаження. Якір – це модель оброблюваної деталі.

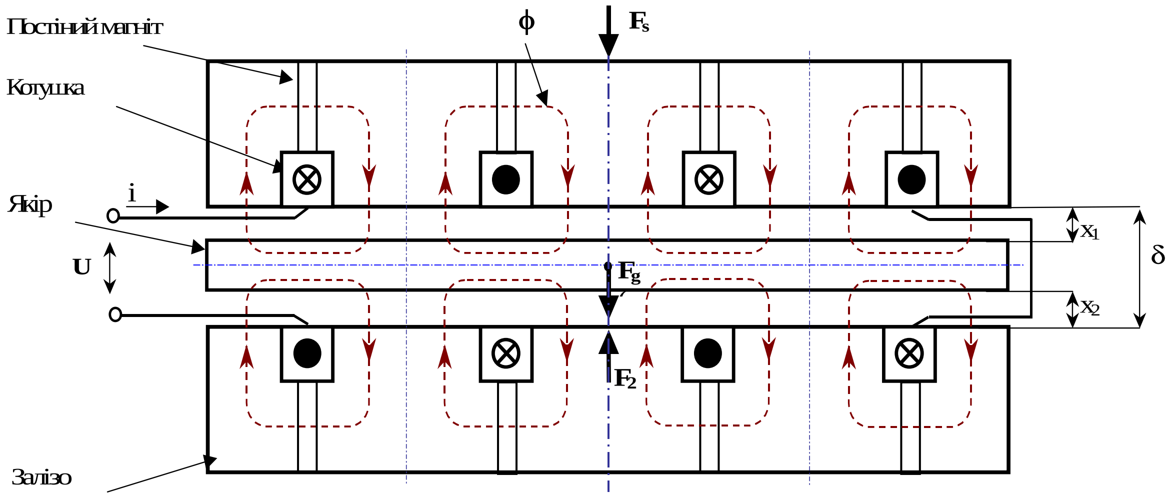


Рис. 2. Магнітна система аксіального типу

Принцип цієї установки заснований на використанні сил відштовхування постійних магнітів для того, щоб стабілізувати положення якоря у зваженому положенні. З рис. 2 добре видно, що об'єкт регулювання нелінійний, тому було запропоновано розробити лінеарізовану систему регулювання положення якоря, враховуючи нелінійність об'єкта. На рис. 3 зображено нелінійні залежності для верхнього та нижнього магнітів.

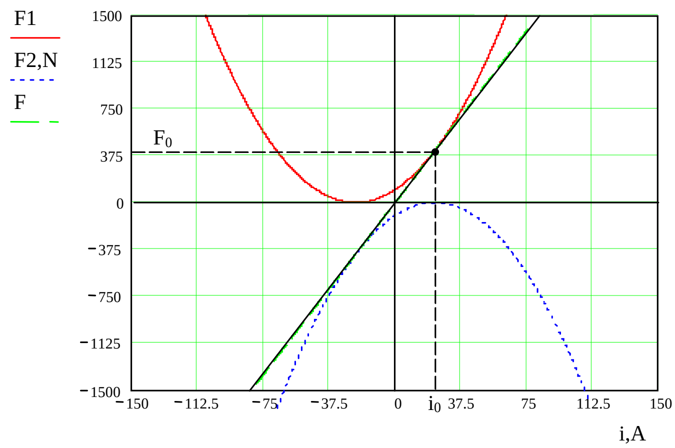


Рис. 3. Нелінійна залежність сили магнітів від струму

Формула повної сили магнітів має вигляд

$$F=\left[\frac{1}{2}\cdot\frac{\left(i\cdot N+\Theta_{pm}\right)^2\cdot\mu_0\cdot A_{Luft}}{\left(2\cdot x_1+L_{Fe}\right)^2}\right]-\left[\frac{1}{2}\cdot\frac{\left(i\cdot N-\Theta_{pm}\right)^2\cdot\mu_0\cdot A_{Luft}}{\left(-2\cdot x_1+2\cdot\delta+L_{Fe}\right)^2}\right], \qquad (1)$$

де Θ_{pm} - магнітодвижуща сила магніту;

N - кількість витків;

A_{Luft} - площа зазору;

L_{Fe} - індуктивність заліза;

x_1, x_2 - зазори між магнітом та якорем;

δ - повний зазор.

Необхідно було знайти робочі точки для магнітів (струм, зазор та масу, яка діє на магніти), як зображено на рис. 3. Розрахована формула (2) показує лінійне диференційне рівняння для даної системи регулювання.

$$\Delta F = 2\cdot N\cdot \mu_0\cdot \Theta_{pm}\cdot \frac{A_{Luft}}{\left(2\cdot x_1 + R_{magFe}\cdot \mu_0\cdot A_{Luft}\right)^2}\cdot \Delta i - 8\cdot N\cdot \mu_0\cdot \Theta_{pm}\cdot i_0\cdot \frac{A_{Luft}}{\left(2\cdot x_1 + R_{magFe}\cdot \mu_0\cdot A_{Luft}\right)^3}\cdot \Delta x_1 . \quad (2)$$

На рис. 4 зображена функціональна схема системи регулювання магнітної системи аксіального типу, яка була запропонована для даного об'єкта регулювання. Сенсор вимірює положення якоря при навантаженні, та передає свій сигнал на регулятор положення, який видає завдання на струм, регулятору струму. З робочим значенням струму за допомогою сил відштовхування стабілізує положення якоря.

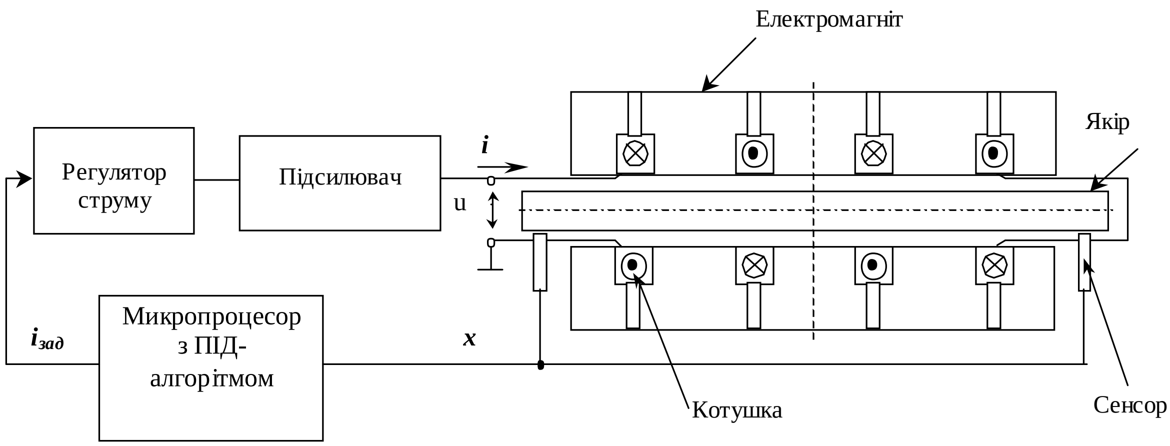


Рис. 4. Функціональна схема регулювання магнітної системи аксіального типу

У результаті роботи розглянуто й досліджено різні варіанти методів керування магнітного елементу, виявлено основні залежності параметрів об'єкта досліджень, синтезовано контур регулювання струму, побудовано вихідні характеристики. Зроблене порівняння результатів, отриманих при моделюванні та на практиці, намічені шляхи подальших теоретичних і експериментальних пророблень. Виконані розробки дозволяють у подальшому враховувати вплив деяких величин та проведення подальших досліджень на експериментальній установці.

Список літератури: 1. Schweitzer G., Bleuler H. Magnetlager: Grundlagen, Eigenschaften und Anwendungen berührungsfreier elektromagnetischer Lager.- Berlin: Teubner, 1993.- 260 S. **2.** Otfried G. Elektromagnetische Felder und Netzwerke: Anwendungen in Mathcad und PSpice.- Berlin: Teubner, 1999.- 324 S. **3.** Kallenbach E. Elektromagnete: Grundlagen, Berechnung, Konstruktion, Anwendung.- Stutgart: Teubner, 1998.- 452 S.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ МАТЕРИАЛА В ФУНКЦИИ ОТ РЕЛАКСАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ДИСЛОКАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Рыбинская Т.А., Заболотний Д.И. *(каф. механики, ТРТУ, г. Таганрог, Россия)*

В настоящее время все более широко идет процесс внедрения новых технологий в производство, которые позволяют повысить производительность обработки деталей. Но при этом необходимо контролировать качество выпускаемых деталей, механизмов. Качество деталей в значительной мере определяется состоянием поверхностного слоя, получаемого в процессе механообработки. Обработка приводит к формированию в материале поверхностного слоя постоянно изменяющейся дислокационной структуры. Эксплуатационные показатели металлов и сплавов (усталостная прочность, износостойкость и др.) определяются скоростью изменения дислокационной структуры, зависящей от первоначального закрепления дислокаций в кристаллах и их подвижности.

Теория дислокаций дает следующую зависимость между пределом текучести материала σ_m и плотностью дислокаций ρ [1]:

$$\sigma_m = \sigma_0 + \alpha\ b_к\, G\sqrt{\rho}, \tag{1}$$

где σ_0 – напряжение внутри деформированного материала;

α – коэффициент, учитывающий вклад разных механизмов торможения дислокаций в материале.

Можно предположить, что существует функциональная связь между внутренней энергией материала T, обусловленной дислокационной структурой, и напряжениями, действующими на него, т.е. внутренняя энергия материала как бы уравновешивается потенциальной энергией, вызванной действием на деталь внешних сил и моментов.

Для определения потенциальной энергии U следует рассмотреть классическую задачу сопротивления материалов, выделив в сечении детали элементарный участок, длиной dZ (рис. 1). Будем считать, что деталь имеет прямолинейную ось и малую величину кривизны, которой можно пренебречь. Тогда в каждом из поперечных сечений детали в общем случае нагружения возникает шесть силовых факторов: три момента $M_к$, M_x, M_y и три силы N, Q_x, Q_y. По отношению к выделенному элементарному участку эти силовые факторы можно рассматривать как внешние, что позволяет определить ту работу, которая совершается ими при деформировании элемента. Эта работа переходит в потенциальную энергию, накопленную в элементарном участке детали.

Левое сечение выделенного элемента (рис. 1) можно условно рассматривать как неподвижное с тем, чтобы работа всех силовых факторов, приложенных к левому торцу, была равной нулю. Точка приведения сил в правом сечении вследствии деформации элемента получает некоторые малые перемещения, на которых совершается искомая работа.

Необходимо отметить, что каждому из рассматриваемых шести силовых факторов соответствуют такие малые перемещения, на которых ни один из остальных пяти работы не совершает. Так, например, под действием крутящего момента $M_к$ возникает угол поворота сечения относительно оси Z. На этом угловом перемещении работа совершается только этим моментом $M_к$. Линейные перемещения вдоль оси y возникают вследствие действия силы Q_y, и только эта сила совершает работу на этом перемещении.

Следовательно, потенциальная энергия элемента может рассматриваться как сумма независимых работ каждого из шести силовых факторов, т.е. как сумма энергий кручения, изгиба, растяжения и сдвига [6]:

$$dU = dU(M_к)+ dU(M_x)+ dU(M_y)+ dU(N)+ dU(Q_x)+ dU(Q_y). \quad (2)$$

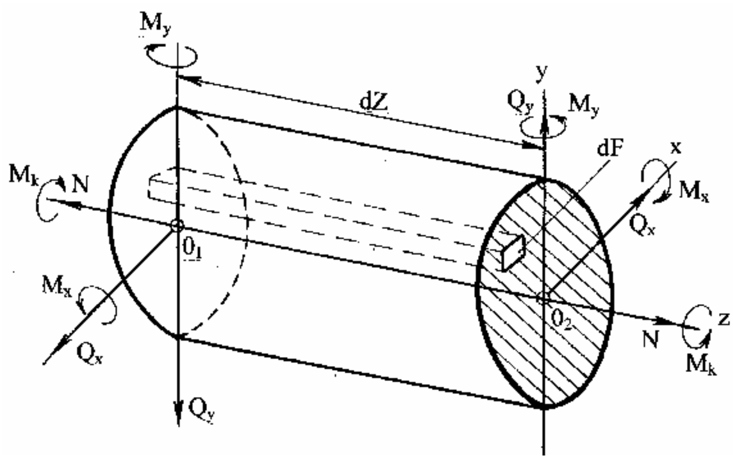


Рис. 1. Силовые факторы, действующие в поперечном сечении на элементарный участок dF

Естественно, что такое разделение работ возможно лишь при определенном выборе осей. В частности, точка приведения сил должна совпадать с центром тяжести сечения, иначе нормальная сила N вызовет поворот сечения и изгибающие моменты совершат работу на угловом перемещении, вызванном с этой силой. Именно поэтому оси x и y должны быть главными, в противном случае момент M_x вызовет поворот сечения относительно оси y и будет произведена взаимная работа на угловых перемещениях, вызванных двумя изгибающими моментами.

Выражения для первых четырех слагаемых в формуле (2) могут быть представлены в виде:

$$dU(M_k)=\frac{M_k^2 dZ}{2GJ_p}; \qquad dU(M_x)=\frac{M_x^2 dZ}{2EJ_x};$$

$$dU(M_y)=\frac{M_y^2 dZ}{2EJ_y}; \qquad dU(N)=\frac{N^2 dZ}{2EF}, \quad (3)$$

где E - модуль упругости материала; J_p – полярный момент инерции сечения детали; J_x, J_y - момент инерции сечения детали, соответственно, относительно осей x и *y*; F - площадь сечения детали.

Для определения величины dU (Q_y) в формуле (2) следует рассмотреть элементарную призму с площадью основания dF и длиной dZ (рис.1). Энергия, заключенная в этом объеме, равна U_0’dF dZ, где U_0’ - удельная потенциальная энергия при сдвиге.

Выражение U_0’= τ_y^2 /2G [6] можно переписать в следующем виде:

$$U_0' dF\, dZ = \frac{\tau_y^2}{2G} dFdZ \,. \quad (4)$$

Далее, интегрируя полученное выражение (4) по площади сечения бруса F, можно записать:

$$dU(Q_y)=\frac{dZ}{2G}\int_F \tau_y^2 dF \,.$$

Но по формуле Журавского [6] $\tau_y = \frac{Q_y S_x^*}{J_x b}$, где S_x^* – статический момент сечения, а b–параметр сечения, определяемый положение элементарной призмы с площадью основания dF.

Следовательно,

$$dU(Q_y) = \frac{Q_y^2 dZ}{2GZ_x^2}\int_F \frac{S_x^{*2}}{b^2}dF,$$

или $$dU(Q_y) = \frac{Q_y^2 F dZ}{2GFJ_x^2}\int_F \frac{S_x^{*2}}{b^2}dF.$$

Если обозначить через $K_y = \frac{F}{Z_x^2}\int_F \frac{S_x^{*2}}{b^2}dF$, то можно записать:

$$dU(Q_y) = K_y \frac{Q_y^2 dZ}{2GF}. \tag{5}$$

Аналогично получается:

$$dU(Q_x) = K_x \frac{Q_x^2 dZ}{2GF}. \tag{6}$$

В формулах (5) и (6) коэффициенты K_x и K_y представляют собой безразмерные величины, зависящие от геометрических форм сечения детали.

Учитывая формулы (3), (5) и (6), выражение (2) принимает вид:

$$dU = \frac{M_k^2 dZ}{2GJ_p} + \frac{M_x^2 dZ}{2EJ_x} + \frac{M_y^2 dZ}{2EJ_y} + \frac{N^2 dZ}{2EF} + K_x\frac{Q_x^2 dZ}{2GF} + K_y\frac{Q_y^2 dZ}{2GF}. \tag{7}$$

Чтобы получить потенциальную энергию по всей длине детали U, необходимо выражение (7) проинтегрировать по длине детали l:

$$U = \int_0^l \left(\frac{M_k^2}{2GJ_p} + \frac{M_x^2}{2EJ_x} + \frac{M_y^2}{2EJ_y} + \frac{N^2}{2EF} + \frac{K_x Q_x^2}{2GF} + \frac{K_y Q_y^2}{2GF}\right)dZ. \tag{8}$$

Величина внутренней энергии материала Т, уравновешивающая потенциальную энергию детали U, может быть выражена через показатель релаксационной стойкости дислокационной структуры Δρ. Известно, что релаксационная стойкость дислокационной структуры материала определяется подвижностью дислокаций [2, 4, 5] и величиной их кинематической энергии $T_к$, которая является основной составляющей внутренней энергии материала Т. Другой составляющей внутренней энергии материала является энергия упругих искажений кристаллической решетки T_u, вызванная наличием дислокаций.

Известно, что с каждой дислокацией связана энергия упругих искажений t_u [3], которая равна работе, выполненной при образовании дислокаций. При этом общая энергия искажений разделяется на две части: энергию ядра дислокации $t_я$ и энергию ее упругих искажений t_u. Оценка энергии ядра дислокации $t_я$ показывает, что ее величина составляет 0,06 - 0,19 энергии упругих искажений t_u [6]. Для случая краевой дислокации энергия упругих искажений t_u определится по формуле [3]:

$$t_u = \frac{Gb_k^2}{4\pi(1-\mu)}\ln\left(\frac{R}{r_0}\right), \tag{9}$$

где R - величина, принимаемая равной половине среднего расстояния между дислокациями; r_0 – радиус ядра дислокации.

Поскольку в деформируемом материале одновременно имеется не один дефект, то действие каждого из них следует рассматривать в зависимости от наличия других дефектов. В результате общая энергия искажений кристаллической решетки не может быть описана простой суммой энергий искажений, вызываемых введением в кристаллическую решетку каждого из дефектов в отдельности. В то же время учесть взаимодействие всего множества дефектов друг с другом при суперпозиции искажений от каждого дефекта не представляется возможным. Поэтому при расчете потенциальной энергии упругих искажений, вызванных дислокациями, рассматривают не каждую отдельную дислокацию, для которой расстояния до ближайших соседей определяется величиной R=$\frac{1}{\sqrt{\rho(v)}}$ (здесь ρ(v) - мгновенная плотность дислокаций материала в заданном объеме), а дислокацию, которая удалена от ближайших соседей на расстояние $\overline{R}=\frac{1}{\sqrt{\overline{\rho(v)}}}$, где $\overline{\rho(v)}$ - средняя плотность дислокаций всего объема материала V:

$$\overline{\rho(v)} = \frac{1}{V}\int_0^V \rho(v)\,dv \ . \quad (10)$$

Такое рассмотрение дислокационной структуры материала справедливо, так как она состоит обычно из дислокаций разного знака [3, 7]. Тогда величину энергии упругих искажений можно представить в виде следующего выражения:

$$\mathrm{T_u} = \frac{Gb_k^2}{4\pi(1-\mu)}\ln\frac{\overline{R}}{r_0}\int_0^V \rho(v)\,dv\,. \quad (11)$$

Для оценки кинетической энергии $T_к$ следует рассмотреть сначала кинетику движения какой-либо дислокации. Пусть на движущуюся дислокацию действует сила b_k G_0, которая нормируется на единицу длины дислокации. При прохождении дислокацией расстояния d_x совершается работа:

$$\mathrm{dT_k} = \int_0^L b_k\sigma_0 d_x\,, \quad (12)$$

где L - максимально возможное перемещение дислокации.

Если выделить в объеме материала слой толщиной S, то для ρ(v)dv дислокаций, которые находятся в этом слое, потребуется затратить работу для их перемещения на длину d_x, равную:

$$\Delta\mathrm{T_k} = \rho(v)dv\int_0^L b_k\sigma_0 d_x\,. \quad (13)$$

Отсюда кинетическая энергия всех движущихся дислокаций, находящихся в объеме материалаV, определяется выражением:

$$T_k = \int_0^V \rho(v)\left(\int_0^L b_k\sigma_0 d_x\right)dv\,. \quad (14)$$

Полная внутренняя энергия материала T может быть представлена следующей формулой:

$$\mathrm{T=T_u+T_k} = \frac{Gb_k^2}{4\pi(1-\mu)}\ln\frac{\overline{R}}{r_0}\int_0^V \rho(v)\,dv + \int_0^V \rho(v)\left(\int_0^L b_k\sigma_0 d_x\right)dv\,, \quad (15)$$

или после преобразования, приняв $\int_0^L b_k\sigma_0 d_x = b_k\sigma_0 L$,

$$T = \left(\frac{Gb_k^2}{4\pi(1-\mu)}\ln\frac{\overline{R}}{r_0} + b_k\sigma_0 L\right)\int_0^V \rho(v)\,dv\,. \quad (16)$$

Так как показатель релаксационной стойкости дислокационной структуры Δρ = ρ-$\rho_{нач}$, а показатель дислокационной насыщенности материала Kρ= $\rho_{нач/}$ $\rho_{исх}$, то после соответствующих преобразований формула (16) для определения внутренней энергии материала Т примет вид:

$$T=\left(\frac{Gb_k^2}{4\pi(1-\mu)}\ln\frac{\overline{R}}{r_0}+b_k\sigma_0 L\right)\left(K_\rho\cdot\rho_{исх}+\Delta\rho\right). \qquad (17)$$

Анализ выражения (17) показывает, что внутренняя энергия материала Т находится в функциональной зависимости от показателя релаксационной стойкости дислокационной структуры Δρ. Следовательно, уравновешивающая потенциальная энергия U также зависит от показателя релаксационной стойкости дислокационной структуры Δρ.

Наиболее наглядно зависимость конструкционной прочности материала (σ_b, σ_m и т.д.) от релаксационной стойкости дислокационной структуры Δρ можно проанализировать, если в формулы (8) и (17) вместо модуля сдвига G и модуля упругости E подставить их значения из выражения (1), приняв $\rho=K_\rho\,\rho_{исх}+\Delta\rho$:

$$G=\frac{\sigma_m-\sigma_0}{\alpha b_k\sqrt{\rho}},\ \text{или}\ \ G=\frac{\sigma_m-\sigma_0}{\alpha b_k\sqrt{K_\rho\rho_{исх}+\Delta\rho}};$$

$$E=\frac{2(1+\mu)(\sigma_m-\sigma_0)}{\alpha b_k\sqrt{\rho}},\ \ \text{или}\ \ E=\frac{2(1+\mu)(\sigma_m-\sigma_0)}{\alpha b_k\sqrt{K_\rho\rho_{исх}+\Delta\rho}}. \qquad (18)$$

Как показывают исследования, выполненные на ПЭВМ, в общем случае конструкционная прочность материала находится в сложной зависимости от показателя релаксационной стойкости дислокационной структуры Δρ, выражаемой дробно-рациональной функцией. Особую значимость на конструкционную прочность материалов оказывает показатель дислокационной насыщенности Kρ: максимальные значения предела прочности материала σ_b и предела текучести σ_m достигаются при достижении оптимальной величины показателя дислокационной насыщенности $(K\rho)_{опт}$. Все это позволяет направлено определять пути технологического обеспечения износостойкости и конструкционной прочности деталей.

Список литературы: 1. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений /Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова.- М.: Машиностроение, 1986. –384 с. **2.** Бутенко В.И. Металловедческие основы конструкционной прочности сталей и сплавов /Учебн. пособие/ Изд-во ТРТУ.- Таганрог, 1995 – 107с. **3.** Старков В.К. Дислокационные представления о резании металлов. – М.: Машиностроение, 1979-160с. **4**. Бутенко В.И., Чистяков А.В. Оценка эксплуатационных свойств металлов и сплавов по релаксационной стойкости дислокационной структуры./ 1-ое собрание металловедов России: Тезисы докладов. Часть 1. – Пенза, 1993.-с.43-44. **5.** Бутенко В.И., Чистяков А.В. Аналитическое исследование релаксационной стойкости дислокационной структуры материала поверхностного слоя обработанных изделий /В кн.: Вопросы совершенствования машин, оборудования и технологий строительной индустрии. – Новочеркасск: Изд-во НГТУ, 1996.-с. 82-88. **6.** Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1979.-560с.

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГВОЗДЕЙ

Чернышев Е. А., Михайлов А. Н. *(каф. ТМ, ДонНТУ, Донецк, Украина)*

Для отдельных видов производств создание автоматических роторных линий дает значительный экономический эффект. Так как наибольшее распространение автоматические роторные линии получили при автоматизации процессов обработки давлением небольших деталей цилиндрической формы, то целесообразно автоматическую роторную линию применить в метизном производстве, что в условиях массового характера даст существенную экономическую выгоду.

Отличительной особенностью таких автоматических роторных линий является то, что машины III класса объединены в единую автоматическую систему с общим потоком предметов обработки. Технологическое движение осуществляется в процессе совместного движения предмета обработки и инструмента, т.е. транспортное и технологическое движения совершаются независимо друг от друга, но совмещены во времени. Другой важной особенностью является то, что производительность не зависит от параметров технологических операций и необходимых технологических движений, а зависти лишь от шагового расстояния и скорости транспортирования. Поэтому в общем случае производительность может быть как угодно валика [1].

Настоящее предложение представляет собой автоматическую роторную линию для производства строительных проволочных гвоздей четырех номенклатур (рис.1).

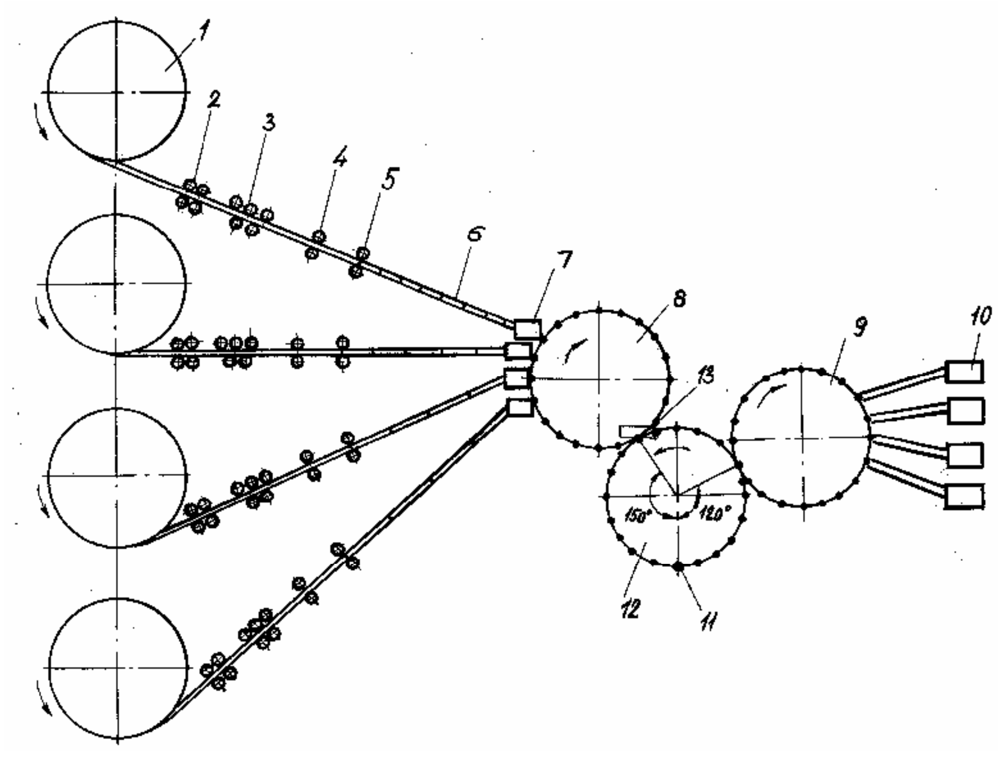


Рис.1. Схема автоматической роторной линии

Проволоки соответствующих диаметров намотаны на бунты 1, которые вращаются вокруг вертикальной оси и подают проволоку. Во избежание провисания проволоки установлены тянущие ролики 2. Правку проволоки осуществляют правильные ролики 3, после которых выпрямленная проволока подвергается воздействию со стороны роликов 4 для образования засечек на стержне заготовки. Засечки образуются благодаря профилю роликов (рис.2), т.е. выдавливанием.

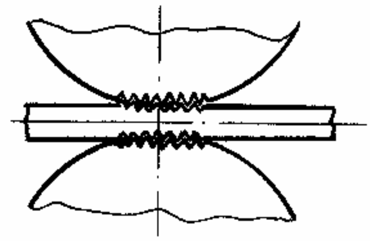


Рис.2. Образование засечек на проволоке

Далее проволока поступает на операцию отрезки и заострения валиками 5, оснащенными специальными ножами (рис.3), которые одновременно отрезают и заостряют конец заготовки.

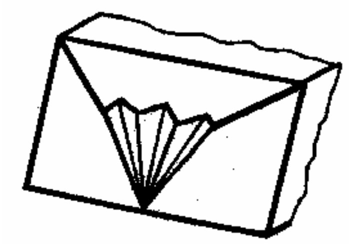


Рис.3. Лезвие ножа

Штучные заготовки 6 подходят к устройству для изменения положения заготовок 7, после чего они в вертикальном положении поступают в транспортный ротор 8. Так как заготовка гвоздя падает, то губки оснащены подставкой, а учитывая возможность непопадания заготовок на свою позицию (губки быстро проходят место падения), сверху губок установлена воронка. Работа линии характеризуется высокой синхронизацией, так как заготовки должны вовремя попадать в свои позиции. Поэтому каждая из четырех линий имеет отдельный привод, внутри которой связи имеют кинематический характер. Вся автоматическая роторная линия управляется мехатронным способом.

Транспортный ротор с заготовками передает их в рабочий ротор 12 через пазовый копир 13. В рабочем роторе осуществляется высадка шляпки гвоздя, после чего готовые гвозди переходят в принимающий ротор 9. Проходя определенную позицию, губки размыкаются электромагнитным способом и готовые изделия поступают а накопители 10.

Рассмотрим подробнее конструкцию рабочего ротора (рис.4).

Он состоит из корпуса 1, внутри которого есть планшайба, вращающаяся вместе с корпусом вокруг оси вертикального вала 2. С помощью торцовой муфты 3 вращение передаётся другой планшайбе 4 , находящейся на валу, который отклонен от вертикальной оси на угол ω. Такая конструкция позволяет осуществлять высадку шляпки, затрачивая значительно меньшие усилия:

$$P_{в}=P_{c}*\sin\omega,$$

где $P_в$ – усилие высадки, $P_с$ - усилие, необходимое для образования шляпки на неподвижной заготовке.

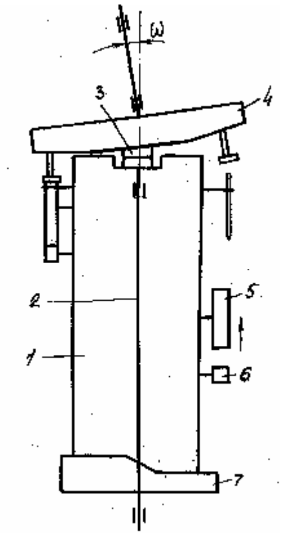


Рис.4. Схема рабочего ротора

Попадая в рабочий ротор, заготовка движется к рабочей позиции 11 (рис.1), но в это время по вертикальной направляющей поднимается матрица 5 и опора 6 (рис.4), так что к началу высадки заготовка находится в матрице и имеет опору, которые по мере вращения обкатываются по торцовому копиру 7. Внешний вид торцового копира изображен на рис. 5.

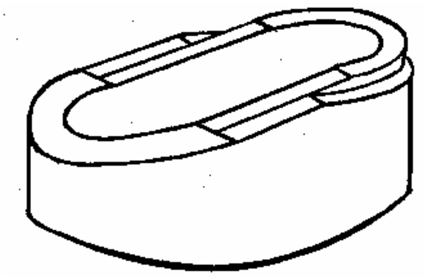


Рис.5. Внешний вид торцового копира

В конечном положении между матрицей и опорой остается промежуток 30 мм, необходимый для того, чтобы после высадки шляпки матрица опустилась, а губки схватили гвоздь (в процессе высадки губки разомкнуты). Дальше матрица и опора опускается вместе, что обеспечивается профилем торцового копира (рис.5). Положение заготовки в процессе поднимания матрицы и опоры изображено на рис. 6.

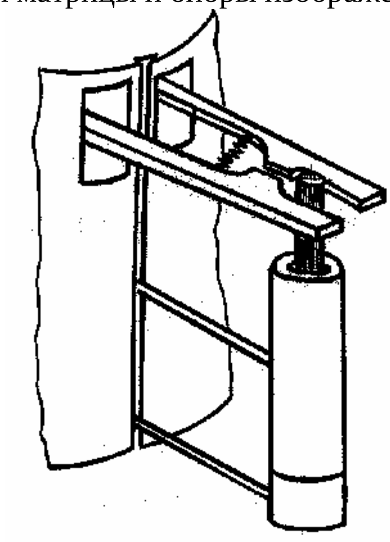


Рис.6. Положение заготовки в рабочем роторе

Так как в рабочем роторе транспортное и технологическое движения совершаются одновременно, то необходимо обеспечить, чтобы к началу высадки заготовка находилась бы в матрице, т.е. в момент загрузки между верхним концом заготовки и пуансоном (равномерно приближающимся к заготовке по мере вращения) должен быть зазор. Его величина определит угол ω, который должен быть по возможности минимален, чтобы уменьшить усилие высадки(рис.7).

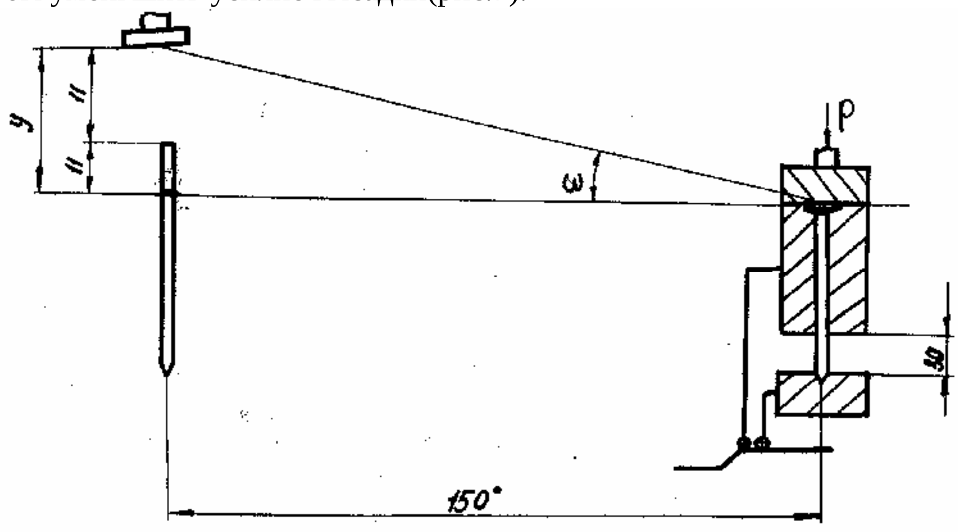


Рис.7. Схема к определению угла ω

На рисунке изображена развертка части рабочего ротора от момента загрузки заготовки до конечного положения пуансона. За это время ротор поворачивается на 150^0. Как показывают расчеты, выступающая часть наибольшей заготовки имеет длину 11мм. Примем, что в момент загрузки между пуансоном и верхним концом заготовки также 11мм. Тогда угол наклона верхней планшайбы:

$\omega = arcsin(y/\beta\pi D_p)$,

где D_p – диаметр рабочего ротора, β - часть одного оборота, которую проходит позиция от загрузки до высадки.

$\beta = 15/36$.

Принимая D_p = 480мм с числом позиций U =20[2], имеем $\omega=2^0$.

Угол α_1, соответствующий контакту пуансона с наибольшей заготовкой, найдем из пропорции:

$\alpha_1=(11/22)*150^0=75^0$.

Аналогично, $\alpha_2=66,5^0$, $\alpha_3=58,5^0$, $\alpha_4=60^0$.

Усилие высадки в статическом положении [3]:

$P_c=P_\sigma+P_\tau$,

где P_σ, P_τ- усилия необходимые для преодоления соответственно нормальных и касательных сопротивлений.

$P_\sigma=6,28\sigma_s[0,161*(D^2-d^2)+(D-d)^2*(D-2d)/48*h+(1,285+0,5*(D-d)/h)*d^2/8]$,

$P_\tau=1/6*\pi*\sigma_{s1}*d(D+d)/2$,

где D,d,h- параметры гвоздя по ГОСТ 4028-63(рис.8).

$\sigma_s=\sigma_в$,

$\sigma_{s1}=\sigma_в+(20…25)кг/мм^2$, где $\sigma_в$ – предел прочности на растяжение.

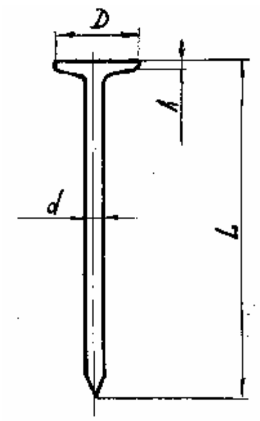


Рис.8. Гвоздь проволочный строительный

Принимая материал гвоздей сталь ст.3, получаем следующие результаты:

P_{c1} =5523 кгс,

P_{c2} =3782 кгс,

P_{c3} =2370 кгс,

P_{c4} =1237 кгс.

Тогда усилие высадки по мере вращения значительно сократится:

$P_{в1}$ =193 кгс,

$P_{в2}$ =132 кгс,

$P_{в3}$ =83 кгс,

$P_{в4}$ =43 кгс.

Для нахождения максимального значения общего усилия высадки воспользуемся схемой на рис.9, которая показывает, что сила давления возрастает от нуля до $P_в$.

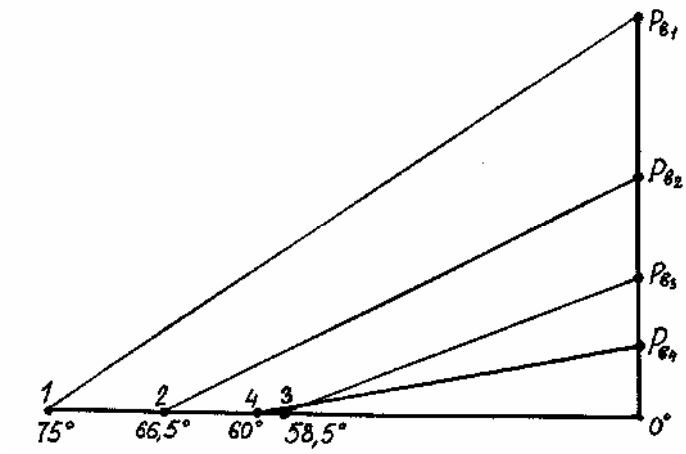


Рис.9. Схема к определению максимального общего усилия высадки

$P_{max}= P_{в1}+(66,5-18)/66,5* P_{в2}+(58,5-36)/58,5* P_{в3}+(60-54)/60* P_{в4}+$
$+(75-72)/75* P_{в1}=$333 кгс.

Дроби показывают, на каком этапе формирования шляпки находятся заготовки, следующие друг за другом через 18^0.

Крутящий момент, необходимый для вращения ротора:

$T=P_{max}*D_p*0,5=3330*480*0,5=$799 Нм.

Требуемая мощность электродвигателя:

$P_э=T*\pi n/30=799*3,14*6/30=$0,50 кВт.

Частоту вращения ротора принимаем n = 6 об/мин, так что время цикла $T_ц$ = 10с. Производительность данной автоматической роторной линии:

$П_ц=U/T_ц=20/10=$2 шт/с.

Проверку заготовки на устойчивость произведем как проверку стержня с шарнирными концами (рис.10).

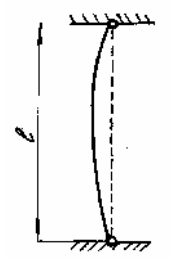


Рис.10. Схема к расчету на устойчивость

Условие прочности:

$(P_в/F) \le [\sigma]*\varphi$,

где F – площадь поперечного сечения заготовки,

$[\sigma]$ – допускаемые напряжения на сжатие,

φ - коэффициент снижения допускаемых напряжений.

$P_в \le (\pi d^2/4)*[\delta]*\varphi$,

$\varphi = f(\lambda = 4\mu l/d)$,

где μ - коэффициент, зависящий от способа закрепления.

Для наибольшей заготовки гибкость λ=(4*1*0,03)/0,005=24, так что φ=0,96.

Тогда критическое усилие высадки:

$P_{кр}=(\pi*0{,}005^2/4)*160*10^6*0{,}96=301$ кгс, что значительно больше требуемого усилия высадки.

Произведем расчет для остальных заготовок и данные занесем в таблицу.

Таблица 1. Результаты расчетов.

№ п/п	L, мм	d, мм	D, мм	h,мм, не менее	α	$P_с$, кгс	$P_в$, кгс	$P_{кр}$, кгс	Запас, %	P_{max}, кгс	T, Нм	$P_э$, кВт
1	150	5	9	3	75^0	5523	193	301	56	333	799	0,50
2	100	4	7,5	2,4	$66{,}5^0$	3782	132	191	45			
3	70	3	6	1,8	$58{,}5^0$	2370	83	104	25			
4	50	2,5	5	1,5	60^0	1237	43	70	63			

Таким образом, применение автоматических роторных линий для производства гвоздей дает существенное увеличение производительности и технико-экономических показателей, уменьшается время простоев оборудования и увеличивается коэффициент использования технологического пространства, а внедрение таких автоматических роторных линий на практике позволяет решить вопрос комплексной автоматизации производства.

Список литературы: 1. Кошкин Л.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии.-М.: Машиностроение, 1986. **2.** Клусов И.А. Автоматические роторные и роторно-конвейерные линии.-М.: Машиностроение 1990. **3.** Высокопроизводительное оборудование для производства гвоздей.-М.: Черметинформации, 1971. А.А. Королев, Л.С. Кохан, И.И. Киреев.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ С ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ ОТ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ЕЕ К СЕТИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Штицинский З. *(Отто-фон-Герике-Университет, г.Магдебург, Германия)*
Пурманн М. *(Отто-фон-Герике-Университет, г.Магдебург, Германия)*
Рассич С.В. *(каф. СПУ, ДонНТУ, г.Донецк, Украина)*

В ближайшем будущем все актуальнее будет вопрос о наиболее оптимальном использовании традиционных видов топлива и их влиянии на окружающую среду. Водородные топливные элементы с их технологией эффективного использования топлива и низким выбросом вредных веществ удовлетворяют этим требованиям и по этой причине в семидесятых годах были практически “заново открыты” для стационарного использования. При обычном преобразовании тепла в электроэнергию, например, при помощи двигателя внутреннего сгорания, запасенная в химических связях энергия топлива преобразовывалась путем сгорания сначала в термическую энергию и только потом – в электрическую. В водородном топливном элементе химическая энергия горючего преобразуется сразу в электрическую и термическую энергию. Кроме того, процесс, происходящий в водородных топливных элементах, не имеет тех ограничений из-за КПД Карно, которые характер-ны для обычных систем.

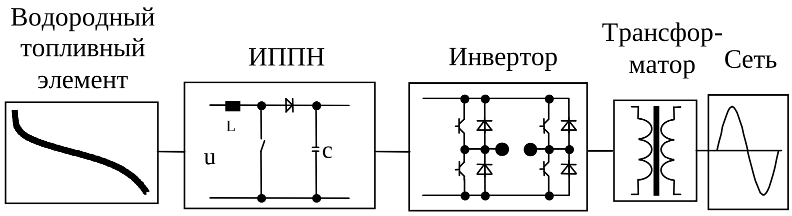


Рис. 1. Компоненты системы электропитания

Однако водород-ные топливные элементы вырабатывают постоян-ное напряжение и часто – на относительно низком уровне. Для подключения к электрической сети общего назначения, необходим инвертор. В данном случае под понятием инвертор следует понимать ряд устройств, необходимых для того, чтобы преобразовать энергию, выработанную водородным топливным элементом, в соответствии с требованиями, предъявляемыми электрической сетью (рис. 1).

В Магдебургском университете им. Отто-фон-Герике на кафедре “Электрические сети и альтернативные источники энергии” в настоящее время проводятся исследования, целью которых является изучение поведения РЕМ-водородных топливных элементов при работе параллельно с электрической сетью общего назначения.

При расчете установки должны быть учтены специфические свойства используемых компонентов и их взаимное влияние. Принципиально структуру установки (рис.1) можно представить следующим образом: водородный топливный элемент в качестве источника питания, потребитель в качестве падения напряжения, импульсный преобразователь постоянного напряжения (ИППН) для поднятия напряжения водородного топливного элемента до более высокого уровня, инвертор для преобразования постоянного напряжения в переменное и трансформатор для поднятия напряжения до уровня электрической сети. В случае, когда вольт-амперная характеристика водородного топливного элемента может быть описана в виде математической модели, например, при помощи метода регрессии, установка может быть промоделирована с приблизительно постоянными параметрами [1].

После описания источника напряжения осуществляется пара-метризация импульсного преобра-зователя постоянного напряжения. Допустим на входе импульсного преобразователя постоянного напряжения источник напряжения, на выходе – потребитель, а также известны выходное напряжение и скважность транзистора, то можно рассчитать величину индуктив-ности и емкости, входящих в состав преобразователя [2]. При выборе параметров должен быть достигнут компромис между качеством сглаживаемого напря-жения (тока) и динамикой системы. Особенно это важно в том случае, когда система должна работать в широком диапазоне мощностей. Наряду с определе-нием величины индуктивности и емкости необходимо учитывать активные потери в элементах схемы, т.к. они имеют значи-тельное влияние на коэффициент усиления импульсного преобразо-вателя постоянного напряжения (рис. 2).

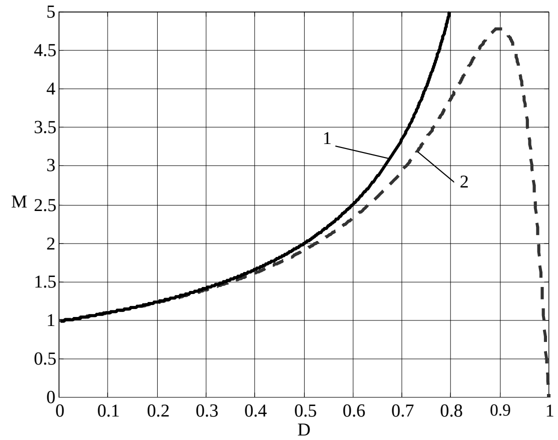


Рис. 2. Зависимость усиления M от скважности D (1 - идеальное усиление 2 - усиление с учетом потерь)

В зависимости от конфи-гу-рации системы следует предусмат-ривать регулирование уровня напряжения [3, 4]. Главная задача регулирования в импульсном преобразователе постоянного напряжения состоит в том, что выходное напряжение должно поддерживаться на заданном уровне. Из рис. 3 видно, что импульсный преобразователь постоянного напряжения содержит два входа по возмущающему воздействию и один вход по управляющему. При этом первая возмущающая величина – входное напряжение u_1 изменяется в соответствии с вольт-амперной характеристикой водородного топливного элемента, а вторая – изменение напряжения на нагрузке $u_{stör}$. Регулятор, исходя из разницы заданной величины напряжения и фактиче-

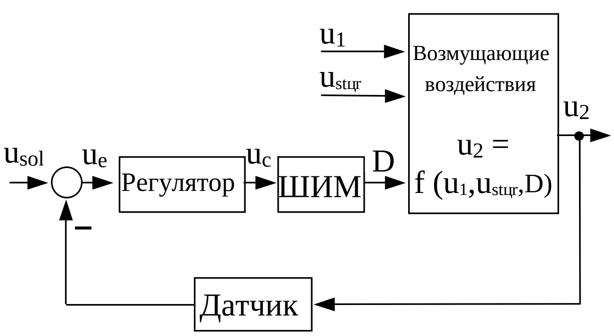


Рис. 3. Замкнутый контур регулирования для управления выходным напряжением

ской величины, должен при помощи широтно-импульсной модуляции компенсировать возмущающие воздействия. Для этого следует использовать ПИД-регулятор, т.к. он может не только свести ошибку к нулю, но и обеспечить необходимый запас по фазе.

После выбора параметров импульсного преобразователя постоянного напряжения и обеспечения необходимого регулирования следует рассмотреть принцип получения переменного напряжения. В случае однофазного электропитания схема инвертора обычно состоит из четырех параллельно включеных IGBT. К каждому транзистору встречно-параллельно подключен диод. Диоды должны обладать как можно меньшим временем запирания, т.к. транзисторы работают на высокой частоте. Переменное напряжение получают как правило при помощи метода широтно-импульсной модуляции (ШИМ). При ШИМ частота первой гармоники, соответствующая частоте сети, поддерживается постоянно, а среднее значение напряжения изменяется скважностью транзисторов в течении полупериода. Для изменения скважности можно использовать метод сравнения эталонного синусоидального напряжения u_{ref} с напряжением, имеющим треугольную форму. Это напряжение имеет постоянную амплитуду и частоту, которая во много раз превышает частоту синусоидального напряжения. Различают несколько видов ШИМ, например, двухточечную и трехточечную модуляцию. Но метод двухточечной модуляции применяется все реже. Так же как и в случае с импульсным преобразователем постоянного напряжения в схеме инвертора должны быть учтены активные потери в ее элементах, т.к. они могут повлиять на уровень выходного напряжения.

После расчета инвертора необходимо определить параметры трансформатора и сетевого фильтра, причем параметры трансформатора должны быть выбраны еще на стадии начального проектирования.

В рамках работы была разработана программа для расчета и моделирования установки для подключения к электросети. Это, например, касается расчета вольт-амперной характеристики водородного топливного элемента при помощи Matlab® и ее интеграция в программный пакет Simplorer®. Кроме того, были созданы программы и проекты для математического представления вышеупомянутых компонентов и моделирования реальных схем.

Представленная работа осуществлялась в рамках исследований поведения PEM-водородных топливных элементов совместно с сетью общего назначения на кафедре “Электрические сети и альтернативные источники энергии” института “Электрические энергосистемы” Магдебургского университета.

Список литературы: **1.** Kim J., Lee S., Srinivasan S. Modeling of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Performance with an Empirical Equation / Journal Electrochemical Society, Vol. 142, No. 8, August 1995.- Pp. 2670-2675. **2.** Erickson R. Fundamentals of Power Electronics.- New York: Chapman&Hall, 1997. **3.** Lunze J. Regelungstechnik 1. Systemtheoretische Grundlagen: Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen.- Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. **4.** Föllinger O. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung.- Heidelberg: Hüthig, 1994.

МОДУЛЬНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ГПС И УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ

Поддубный А. В. *(гр, ОМЛ -99 1/9, ММТ, г. Макеевка, Украина)*

Построение ГПС, отличающихся большим разнообразием функциональных и параметрических характеристик, осуществляется из ограниченного, технически и экономически целесообразного функционального полного набора типовых унифицированных модулей. Взаимозаменяемость модулей позволяет при этом обеспечить гибкость и универсальность агрегатно-модульных структур.

Поскольку ГПС строится из отдельных модулей различных типов (аппаратных, программных), использование модульного принципа построения позволяет формировать состав технологического оборудование технических и программных средств в соответствии с фактическими потребностями производства.

Эффективная реализация модульного принципа требует комплексного и иерархического подходов к построению модульных структур, самих модулей и их компонентов. Это означает необходимость модульного построения на всех уровнях иерархии (нижний уровень - технологическое, транспортное и вспомогательное оборудование; средний - структура линий, участков, подсистем ГПС; верхний уровень -ГАЦ и ГАЗ в целом - как совокупность подсистем-модулей) и по всем компонентам (вспомогательные устройства модульного исполнения, технические средства, математическое и программное обеспечение и т. д.).

Реализация модульного принципа построения ГПС позволяет сократить сроки и трудоёмкость разработки и внедрения ГПС; создавать ГПС силами предприятий-потребителей с минимальным участием специалистов-разработчиков, формировать состав технических и программных средств в соответствии с фактическими потребностями производства, без избыточности, обеспечить гибкость структуры ГПС, т. е. возможность её быстрой перестройки при изменении объекта производства, наращивать технологические возможности системы и повышать уровень её автоматизации путём замены или дополнительного подключения соответствующих модулей.

В настоящее время выпускаются технологическое, складское, транспортное оборудование и средства автоматизации, гибкие производственные модули и модульные системы, которые могут найти применение при разработке ГПС.

Типовая модульная структура ГПС для механической обработки показана на рис. 1.

Структура ГПС содержит в себе два функциональных комплекса:

производительный и управляющий вычислительный.

Производственный комплекс ГПС представляет собой совокупность гибких производственных модулей и модулей обеспечения функционирования технологического оборудования: межоперационного транспортирования и складирования, инструментального обеспечения, автоматического контроля и удаления отходов, что входит в состав шести модульных подсистем.

Модульные подсистемы включают в себя следующие модули:

ГПМ-

• электрофизикохимические;
• протяжные;
• зубообрабатывающие;
• шлифовальные;
• сверлильно-фрезерно-расточные;
• токарные.

АТСС-

• конвейеров, транспортёров, подвесных дорог;
• автономных транспортных систем (робокар);
• транспортных роботов;
• перезагрузочных и загрузочно-разгрузочных устройств;
• накопителей;
• роботов-штабелеров;
• автоматизированных складов.

АСИО-

• станочных приспособлений;
• автоматической смены инструмента;
• настройки инструмента вне станка;
• вспомогательного и режущего инструмента.

САК-

• контроля качества продукции;
• контроля параметров технологического процесса;
• контроля состояния, положения и идентификации технологических объектов;
• контроля работоспособности и готовности оборудования к работе.

АСУО-

• переработки стружки;
• магистрального стружкоудаления;
• очистки установочных поверхностей;
• отвода стружки из зоны резания.

Управляющий вычислительный комплекс состоит из двух модульных подсистем: программного обеспечения ПО (СУ ГПС), технических средств (СУ ГПС), в состав которых входят нижеуказанные модули:

(ПО) СУ ГПС -

• общего ПО;
• контроля и диагностики;
• технологической подготовки производства;
• оперативного управления;
• планирования;
• учёта состояния и хода производства.

СУ ГПС -

• связи с ЭВМ и объектами;

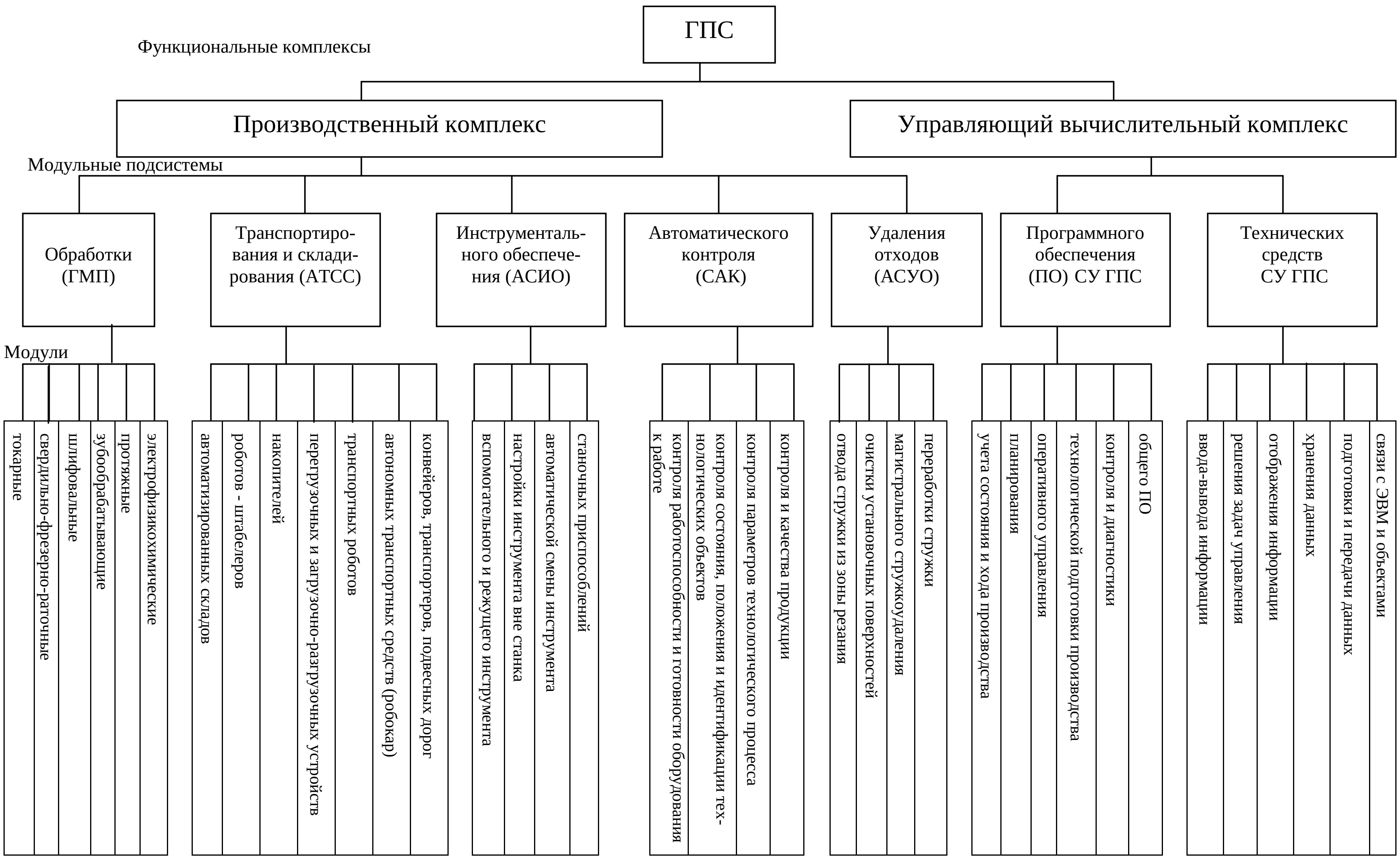


Рис. 1. Типовая модульная структура ГПС механической обработки

• подготовки и передачи данных;
• хранения данных;
• отображения информации;
• решения задач управления;
• ввода-вывода информации.

Комплекс ЭВМ СУ ГПС реализует функции управления с помощью специальных программных модулей.

Указанные модули, так же, как и элементы локальной вычислительной сети ГПС и модули взаимодействия с САПР, АСУП и АСТЮТ, являются общими для различных ГПС и могут быть использованы как типовые.

В качестве типовых элементов вычислительной сети могут применяться и модули технических средств, имеющие аппаратную и программную совместимость и используемые для решения задач управления, хранения данных, отображения информации, ввода-вывода, связи с УВК и объектами, подготовки и передачи данных.

Внедрение ГПС позволяет повысить производительность оборудования за счёт полного использования его технических возможностей, заменить ручной труд автоматизированным, увеличить сменность работы оборудования и относительную экономию за счёт капитальных вложений, уменьшить время переналадки производственного процесса при смене объектов, изготавливаемых на ГПС, сократить сроки и стоимость технологической подготовки производства при обеспечении высокой степени преемственности орудий и средств труда, технологических процессов, сократить размеры партий, длительность производительных циклов и, как следствие, затраты на незавершённое производство, повысить качество выпускаемых изделий за счёт автоматизации и стабильности технологических процессов.

Вывод: В данной статье дана характеристика функциональным комплексам ГПС.

Список литературы: 1. Под редакцией к.т.н. Сафратана Р. Э. Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки. - Киев, «Техника», 1989, - 169с. 2.Венгеровский Ю. П. Стандартизация терминологии гибких производственных систем. Стандарты и качество. - 1984. - № 10 - 56с. 3. Под редакцией Ямнольского Л. С. Гибкие автоматизированные производственные системы. - К., «Техника», 1985. - 280с.

REVERSE ENGINEERING OF BOTTLES BY USING RAPID PROTOTYPING TECHNIQUES

Eleftherios Liakos, T. J. Oliver
(University of Portsmouth, Portsmouth, Great Britain)

Abstract
This investigation is focused on the design of a bottle for the Greek food and tourist market by using the benefits and special applications of Reverse Engineering. The project explores both a specific method used in Rapid Prototyping, and the means by which it fits into the design and manufacturing process.
Particularly considered are the design methods required for the production of a replica bottle based on an historic amphora. This is a specific type of large, ancient. Greek vessel for storing oil or wine. The design considers the production of normal sized bottles (in glass or plastic) for wine or oil which, will be a novel product in the Greek consumer or tourist market industry.
The introduction of new products is crucial for remaining successful in a competitive global economy. Decreasing product development cycle times and increasing product complexity require new ways to realize innovative ideas. In response to these challenges, industry and academic use a spectrum of technologies that assists the developments of new products and which also broaden the number of product alternatives.
An example of these technologies is Rapid Prototyping, which can be used to create metal, plastic or glass parts, by fabricating patterns for casting applications. This project, explores both a specific method used in Rapid Prototyping, and the process by which it fits into the design and manufacturing process.

Acknowledgments

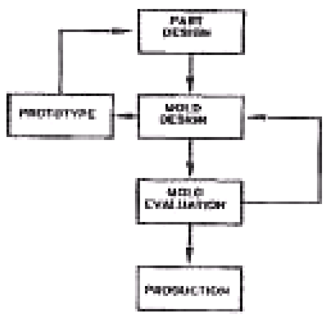
I would like to acknowledge the efforts and support of T.J. Oliver, my project supervisor and design lecturer at the University of Portsmouth.

Additionally, I would like to thank Dr Vince Hughes and John Bishop for shearing their knowledge, support, and their company contacts such as Solent Mould Tools Ltd, mould makers for the plastic packaging industry.

I would also like to thank R. Baker and P. Bennet for their technical assistance.

Finally, I would like to specially thank Bob Maguire for his most appreciated assistance, by being so helpful with any design problem of mine with the Pro-Engineer design program.

The Problem

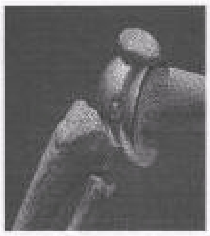


The question and the need that led to this investigation was how to produce exact replicas of complex and fragile parts, in order to be tested, examined and modified. The solution to this problem was generated using Reverse Engineering and Rapid Prototyping technology.

Uses of these methods can include the production of replicas of complex products such as *jewelry* . Another use may be for *medical,* where CT or MRI scans can be used to create solid models of a patient prior to an operation, for a necessary replacement part, such as a hip. *Paleontology* is another example where a valuable or a fragile artefact might need to be studied without damaging the original, and Reverse Engineering can be used to provide a suitable model.

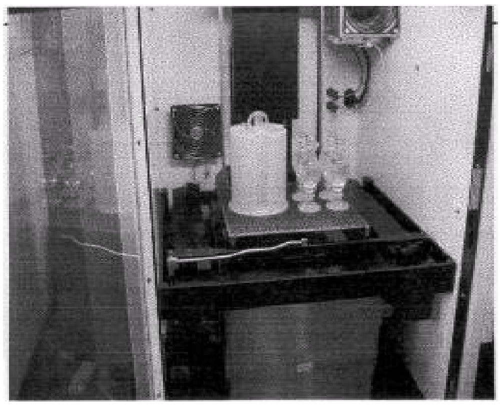
To investigate the abilities of Reverse Engineering a Greek Amphora bottle was selected in order to be replicated. Use of a Computer Aided Design program Pro-Engineer, and the design of the bottle was self taught, and involved many techniques not taught at undergraduate level, such as the use of the Coordinate Measuring Machine (CMM) laser machine. Several Rapid Prototyping techniques were involved and certain parts required modification.

Investigation into how parts were created with tigher tolerances, such as in mould manufacture, were also undertaken. Several analyses were completed for each stage of the project, to find out whether the product could meet the desired

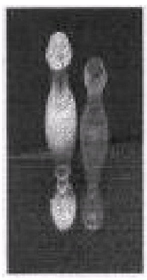
the real market. design criteria for .

Description



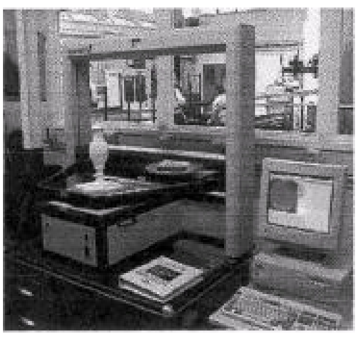
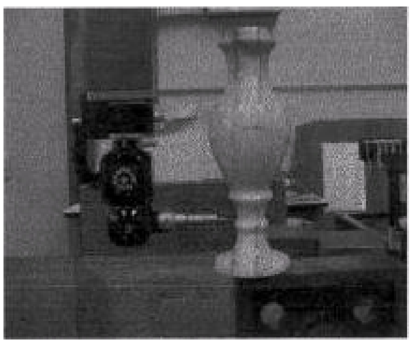
The figure below shows the process of the Reverse Engineering starting from the existing prototype.

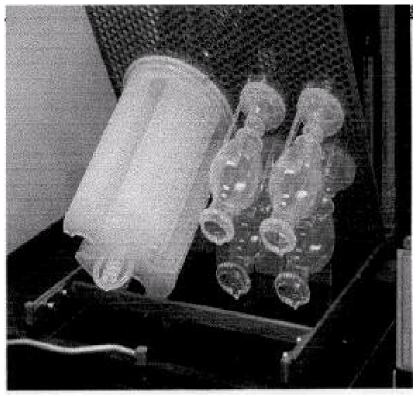
There is a major difference between reverse engineering by using Rapid Prototyping and the Rapid Prototyping process itself. In Reverse Engineering, the prototype already exists, and RP (using stereolithography (SL) or Laminated Object Manufacturing (LOM) for solid imaging) builds an exact replica for examination or other purposes, for example, the replicas of complex products.



The Project

The figures below represent the prototype, which is a Greek Amphora storage vessel, and the processes used in Reverse Engineering. The first step is laser scanning of the prototype by a 3D laser digitizing system, Digi-Bot EL hi order to redesign, investigate and modify the prototype the Amphora was scanned by another sophisticated and more complex machine, the Coordinate Measuring Machine (CMM).



The next stage was design modifications using the Pro-Engineer 3D Computer Aided Design programme. The final step of the Reverse Engineering technique was the creation of replicas and the new prototype models as the figures show. For this task Stereolithography (SLA - 250/50 model) was chosen why the layered manufacturing process and the time taken to produce these prototypes was 28 hours, work continously.

The new prototypes is strongly recommended to be used as o a set of live oil containers, made from P.E.T plastic or glass material, for the Greek consumer market

Conclusions

Rapid prototyping technology has led to a reduction in product development time. In addition, the product dimensional accuracy for both the machined parts and the Rapid Prorotyping parts is improved and in addition the Rapid Prototyping technology surface finish is of higher quality. This project considered a product design development, particularly the Reverse Engineering of a replica bottle based on an historic Amphora.

Through out this project design, Reverse Engineering and its benefits have been studied in depth and questions as to *how replicas can be produced have been investigated using the process of Reverse Engineering of a prototype Greek storage vessel.*

Reverse Engineering using Rapid Prototyping techniques has led to a reduced risk associated with tooling design, by producing prototype tooling, and has enabled an early use of prototype parts, which were manufactured by a process as close as possible to the final production process.

Generally speaking Reverse Engineering is the best ***replication*** and visualization method, it is not only used in engineering and production but also in medicine, and Paleontology. Therefore, Reverse Engineering by using Rapid Prototyping not only is an excellent method to produce to an almost perfect replica of a prototype part, it is also a method that can be used to generate improved design as well as and the associated tooling.

As the understanding of Rapid Prototyping and Reverse Engineering increases, so their applications will also increase.