

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ВИКОНАННЯ КУРСОВИХ РОБІТ З ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ

Пристром В.М., Малишко О.О., Комисарова Е.Н. (каф. графіки ДонНТУ, м Донецьк, Україна)

Державний стандарт вищої освіти України в розділі освітньо - професійної підготовки бакалаврів всіх спеціальностей передбачає уміння створювати всі види конструкторської документації, використовувати науково-технічну літературу, виконувати контроль і перевірку конструкторських документів. Важливу роль у вирішенні цих завдань відіграє підготовка студентів у курсі інженерної й комп'ютерної графіки.

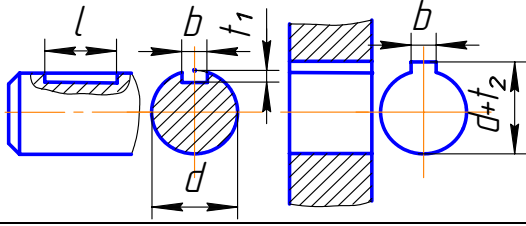
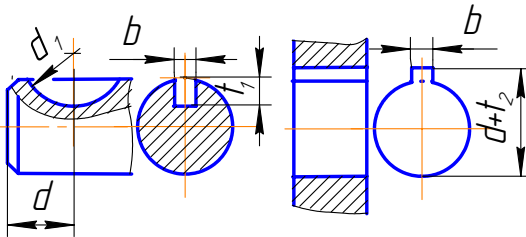
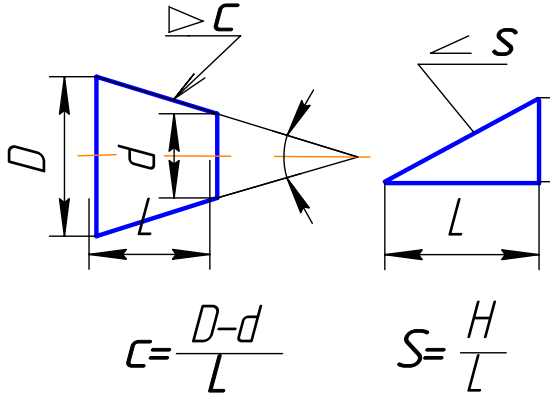
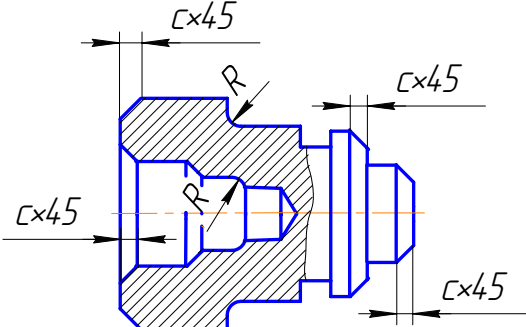
У конструкціях деталей є багато однотипних елементів, форми й розміри яких перевірені багаторічною конструкторсько-технологічною практикою й розрахунками деталей на міцність. Форма й розміри цих елементів, назовемо їх конструкторсько-технологічними, як правило, стандартизовані.

Конструкторська практика, технологія виготовлення й складання виробів виявили типові випадки елементів деталей і з'єднань, які виправдали себе у виробництві й експлуатації. Відомості такого характеру обов'язкові для застосування при виконанні виробничих креслень виробів. За рахунок застосування типових конструкторських рішень скорочуються строки проектування, зменшується номенклатура спеціальних ріжучих і міряльного інструментів, пристосувань, підвищується якість виробів.

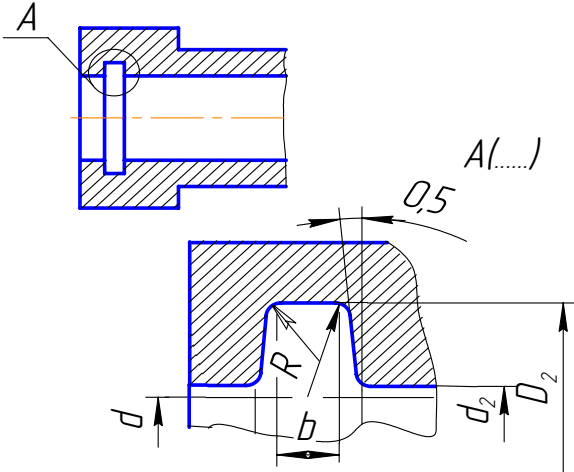
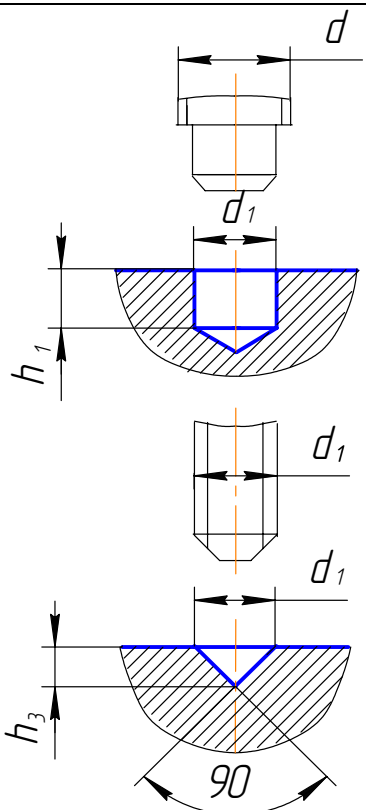
Навчальні креслення по інженерній графіці, які виконані студентами, варто оцінювати ступенем їхнього наближення по змісту й оформленню до креслень, що випускаються передовими конструкторськими й проектними організаціями. На жаль, вони ще не мають знань у різних галузях науки й техніки, прямо або побічно пов'язаних з виконанням і читанням креслень, а у великій спеціальній і довідковій літературі їм важко розібратися, тому що вона написана для фахівців. Тому з'явилася необхідність у спеціальному виданні для студентів. Такою роботою є *Перелік стандартів найбільше вживаних стандартизованих елементів деталей *. Об'єктом дослідження студентів з'явилися креслення загальних видів, призначених для виконання курсових проектів і робіт з теми *Деталювання*. Мета роботи- збір інформації про стандартизовані елементи деталей і виявлення найбільш тих, що часто зустрічаються при читанні графічних студентських завдань. У ній наведені нормативно-конструкторські, технологічні й інші відомості, які пов'язані із грамотним виконанням і читанням креслень. Одночасно врахований рівень підготовки студентів. Обсяг підібраний, виходячи з індивідуальних завдань і курсових робіт з інженерної графіки. Результатом роботи є таблиця 1, у якій представлені назва стандартизованого елемента деталі, нормативно-технічний документ, форма стандартизованого елемента й вибір параметрів. У статті наведений фрагмент таблиці 1.

Студенти, виконуючи графічні завдання, працюють у ручному й автоматизованому режимах, використовуючи креслярсько-конструкторський редактор КОМПАС-ГРАФІК. Підсистема КОМПАС-ГРАФІК призначена для автоматизації конструкторських робіт у різних галузях діяльності. Вона має бібліотеку *Машинобудування*, у якій наведені стандартизовані елементи деталей. Їхня номенклатура достатня для створення конструкторської документації на виріб, але усвідомленому звертання до неї сприяє дана робота.

Таблиця 1. Перелік стандартів найбільше вживаних стандартизованих елементів деталей

Назва стандартизованого елемента деталі	Нормативно-технічний документ	Форма стандартизованого елемента деталі	Вибір параметрів елемента деталі
Пази під призматичні плішки	ГОСТ 23360-78		В залежності від діаметра вала
Пази під сегментні плішки	ГОСТ 24071-80		В залежності від діаметра вала
Конусність і збочення	ГОСТ 8593-81		Із стандартизованого ряду
Радіуси закруглень і фаски	ГОСТ 10948-64		Із стандартизованого ряду

Продовження табл. 1

Назва стандарти- зованого елемента деталі	Нормативно - технічний документ	Форма стандартизованого елемента деталі	Вибір па- раметрів елемента деталі
Канавки під ущільнювальні гумові кілця	ГОСТ 9833-73		В залежності від діаметра вала
Отвори під кінці устальнювальних гвинтів	ГОСТ 12415-80		В залежності від діаметра вала

Список літератури: 1. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.

ВЫБОР ДЕТАЛИ ОБРАЗЦА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Ращупкина Е.А., Горобец И.А. (каф. ТМ, ДонНТУ, г.Донецк, Украина)

Прибыльность, производительность и высокая гибкость производства без ущерба качеству и себестоимости готовых изделий машиностроения становятся главными показателями при организации работы промышленных предприятий в условиях рыночной экономики. Это достигается путем внедрения современного технологического оборудования, к которому относятся станки типа «обрабатывающий центр» (далее ОЦ).

С целью исследования геометрических параметров вспомогательного инструмента ОЦ необходимо осуществить выбор детали-образца. Для этого были проведены экспериментальные исследования на ОАО Рутченковский завод «Гормаш».

Номенклатура производимой продукции и оказываемых услуг на ОАО Рутченковский завод «Гормаш» весьма разнообразны. Проведение капитальных ремонтов очистных и проходческих комбайнов, механизированных крепей, редукторов конвейеров, реконструкция и замена копров, подъемных машин, вентиляторов – этот далеко не полный перечень позволяет судить о техническом потенциале завода и отражает комплексный подход к удовлетворению широкой гаммы запросов заказчиков. Перечень изготавливаемого и ремонтируемого горношахтного оборудования (ГШО) приведен в таблице 1.

Таблица 1. Перечень изготавливаемого и ремонтируемого ГШО

№	Наименование	Обозначение
	Перечень изготавливаемого горношахтного оборудования	
1	Пресс консольный	ПК – 250
2	Вакуум – насос жидкостно – водокольцевой	
3	Насос консольный	K45/55
4	Грузоподъемные сосуды	
5	Вентилятор местный центробежный	ВМЦ – 6
6	Вентилятор	ВРП – 6
7	Вулканизатор гидравлический шахтный	ВГШ – 1А
8	Насос поршневой эксцентриковый	Н – 403 М
	Перечень ремонтируемого горношахтного оборудования	
9	Редуктора ленточных конвейеров	КЦН100Д, КЦН100М, РЛКУ250Н, РЛКУ250М
10	Привод конвейера	СП 202
11	Комбайны очистные	1к–101У, 1ГШ68, 2ГШ68Б, К103М, КА80
12	Редуктора скребковых конвейеров	СП202В1, СПЦ162, СП202
13	Комбайны проходческие	1ГПКС, 4ПП2М, 1П110, КСП32
14	Крепь посадочная	2СПТМ
15	Крепь механизированная	1(2)М87УМ, КД80, 1МТ (2МТ)

Согласно данным проведенных исследований на ОАО Рудченковский завод «Гормаш», можно привести следующую статистику комплектации деталей проходческих комбайнов, рис.1.

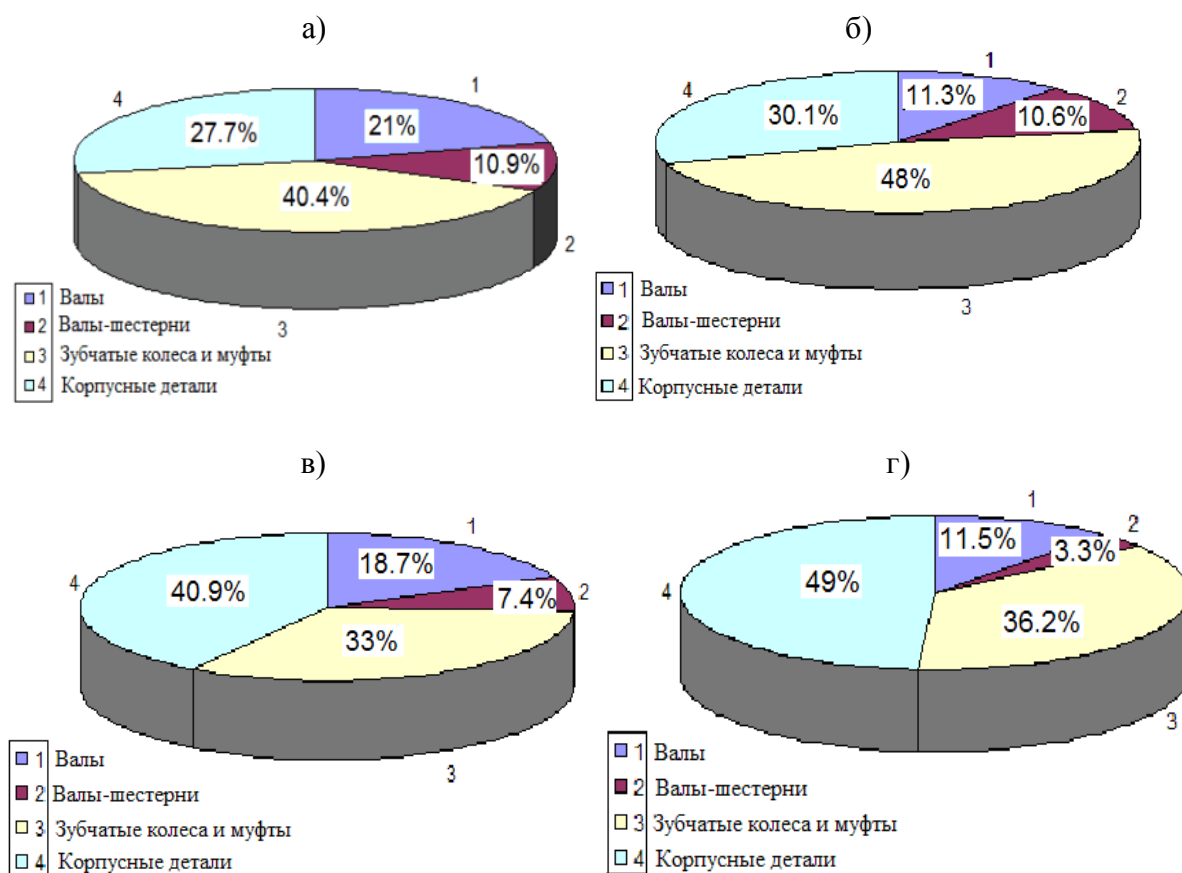


Рис.1. Диаграммы распределения видов деталей в изделиях ГШО:

- а - комбайн проходческий КСП – 32,
 б - комбайн проходческий 1П110,
 в - комбайн горнопроходческий 1ГПКС,
 г - комбайн проходческий 4ПП–2М.

Подводя итог по комплектации всех комбайнов можно представить суммарную диаграмму, рис.2.

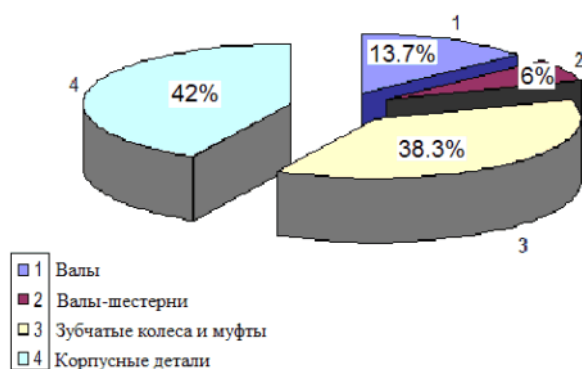


Рис.2. Сводная диаграмма комплектующих изделий ГШО

По данным исследований (табл.2) , полученным на предприятии, проведем статистический анализ экспериментальных данных.

Таблица2 – Продолжительность обработки комплектующих изделий ГШО

№	Наименование	t, мин	Нвр, н.ч.	Наименование	t, мин	Нвр, н.ч.	Наименование	t, мин	Нвр, н.ч.
1	P79.01.013	7,24	25,47	1K101.01.322	2,55	11,39	1ГШ68.23.00.040СБ	584	31,9
2	P79.06.003	7,1	19,59	P96M.00.00.021	7,1	22,99	1ГШ68.60.00.007	133,7	17,9
3	K101.01.272	4,32	14,21	K103.01.02.081	3,5	20,26	4ПП-2.22.26.001	554,7	11,09
4	P79.11.001	6,92	26,62	K103.01.01.161	2,8	6,75	4ПП-2.22.30.001	399,5	20,8
5	P79.00.193	2,98	7,78	K103.01.01.171	2,7	6,4	4ПП-2М.23.04.001	842	36
6	P96M00.02.004	2,98	14,2	K103.01.01.015	2,2	4,73	4ПП-2М.65.18.000	134	12,96
7	P96M00.03.001	2,8	15	2ГШ68.03.00.091	5,4	24,31	4ПП- 2М.65.18.002/003	547,4	22
8	P96M00.04.002	7,4	20,16	СНТ.01.091	8,5	22,8	P96H01.01.001	102	8,014
9	K103.01.05.004	6,8	23,33	СНТ.01.003	0,45	7,05	4ПП-2М.65.18.001	696,8	27,8
10	1ГШ68.60.00.031	10,5	21,09	СНТ.01.004	3	8,45	4ПП-2М.06.61.002	392,4	21,6
11	2ГШ68.01.00.121	3,1	12,5	СНТ.01.117	5	11,05	4ПП-2М.68.01.110	665,3	33,2
12	2ГШ68.01.00.571	2,8	10,59	РКЛУ.250М.021	6,46	10,99	4ПП-2М.68.03.100	146	12,2
13	СНТ.01.292	9	17,95	СП202.01.050СБ	1,5	6,08	4ПП-2М.68.12.000	394,5	24
14	РКЛ9.250М019Р	2,67	10,84	250Н-01.001,002	2,84	7,96	4ПП-2М.85.04.100	692,5	38,6
15	КЦН100М.008	1,96	6,79	КЦН100-0202Б	6,57	12,67	4ПП 2.01.03.005	763,9	30,2
16	СП63М.1Б.1.0012А	1,95	11,38	СП63М.1Б.1.0011	7,08	17,08	P96H 01.01.001	521,6	21
17	СП63М.1Б.1.0006	1,7	9,337	СП63М.1Б.1.009	5,79	15,34	СП63М.1Б.1.000	469,4	23,08
18	СП63М.19.1.0003Ж	3,2	13,5	СП63М.1Б.1.0027А	5,2	15,76	4ПП-2М.68.03.200	620	13

Определим в ряду наблюдений минимальное и максимальное значение переменной – X_{\min} и X_{\max} , размах вариации переменной равен $R = X_{\max} - X_{\min}$ длину интервала по формуле Стерджеса [1]

$$h = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{1 + 3.22 \lg n};$$

где n – объем наблюдений (выборки)

Устанавливаем границы интервалов $X_1 = X_{\min}$, $X_2 = X_1 + h, \dots, X_{K+1} = X_K + h$ и осуществим группировку результатов.

Заменим интервальный ряд дискретным, для чего все значения признака в пределах интервала приравняем его срединному значению X_i^* и считаем, что частота относится к середине интервала [1]

$$X_i^* = \frac{X_i + X_{i+1}}{2}$$

Вычислим среднюю арифметическую \bar{X} по формуле [1]

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i^* \cdot f_i}{\sum f_i};$$

и результаты расчетов сведем в табл.3 – 5

Таблица 3. Результаты статистических исследований обработки валов

№	Интервалы, н.ч.		Частоты f_i	Накопл.част. $f_{\text{н}}$	X^* , н.ч.	Средн.арифм., н.ч.
1	2		3	4	5	6
1	6,79	10,72	4	4	5,69	15.54
2	10,72	14,65	6	10	6,75	

Продолжение таблицы 3

1	2		3	4	5	6
3	14,65	18,54	2	12	38,315	
4	18,54	22,51	3	15	8,975	
5	22,51	26,7	3	18	7,5	

Таблица 4. Результаты статистических исследований обработки зубчатых колес и муфт

i	Интервалы, н.ч.		Частоты f_i	Накопл.част. $f_{\text{ни}}$	X^* , н.ч.	Средн.арифм., н.ч.
1	4,73	8,61	7	7	5,695	12.73
2	8,61	12,49	3	10	5,525	
3	12,49	16,37	3	13	5,495	
4	16,37	20,25	1	14	16,715	
5	20,25	24,31	4	18	6,335	

Таблица 5. Результаты статистических исследований обработки корпусных деталей

i	Интервалы, н.ч.		Частоты f_i	Накопл.част. $f_{\text{ни}}$	X^* , н.ч.	Средн.арифм., н.ч.
1	8,014	14,074	5	5	10,4	22.52
2	14,074	20,14	1	6	10,8	
3	20,14	26,2	6	12	11	
4	26,2	32,27	3	15	11,54	
5	32,27	38,6	3	18	10,5	

Таким образом, на основании приведенных экспериментальных и расчетных данных, можно сделать вывод о том, что в качестве детали образца для фрезерной обработки на обрабатывающем центре целесообразнее всего выбрать корпусную деталь. Обработка за один установ имеет существенные преимущества по сравнению с традиционным способом – раздельной обработкой на универсальных станках. За счет исключения перемещения заготовки от одного станка к другому экономится общее время на обработку и повышается точность ее обработки, нет необходимости использовать несколько приспособлений для установки и закрепления заготовки в различных станках. Преимуществом такой обработки является также и то, что планирование и контроль обработки проще вести на одном станке.

Список литературы: 1. Методические рекомендации по дисциплине «Эконометрия». Составитель Енакиев В.Л. – Донецк: ИЭК, 1997 – 47с.

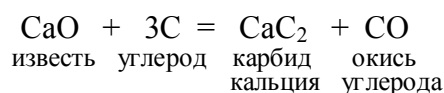
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ КАРБИДНОГО ПРОИЗВОДСТВА СЕ «ДОНБАССЭНЕРГОСПЕЦРЕМОНТ»

Сафьянц С.М., Чернякова А.И., (кафедра «Промышленная теплоэнергетика»,
Донецкий национальный технический университет, Украина)

Предприятие СЕ «Донбассэнергоспецремонт» производит работы по обмуровке, ремонту и теплоизоляции энергооборудования на всех электростанциях, входящих в состав энергосистемы «Донбассэнерго». Также предприятие выпускает шлакоблок пустотный, гашеную известь и карбид кальция.

Конечная цель производства карбида кальция – получение ацетилена, необходимого для обеспечения сварочных работ.

Технический карбид кальция получают в руднотермических электродуговых печах путем сплавления извести с углеродистыми материалами (антрацитом, коксом). При этом происходит следующая реакция:



Реакция протекает при температуре $1900 \div 2000^\circ\text{C}$.

Производство карбида кальция – процесс циклический и подразделяется по времени на загрузку печи, непосредственно плавку и слив готовой продукции. Количество плавок определяется на основании экономических показателей, состояния рынков сбыта и др. факторов и может достигать 8-9 в сутки. До 2002 г. фактически количество плавок колебалось в пределах 6-8.

По качеству, составу и вредности выбросов производство карбида кальция относится к группе источников, выбросы которых содержат канцерогенные, токсичные вещества, которые могут привести к возникновению тяжелых заболеваний у людей (бронхиальная астма, бронхит, постоянные головные боли, снижение функций щитовидной железы, и т.д.).

Основным местом пылевыведения и образования токсичных веществ, выбрасываемых в атмосферу, является непосредственно стадия получения карбида кальция, то есть зона сплавления углерода с известью в карбидной печи. В процессе работы карбидной печи происходит выделение в виде дымовых газов следующих вредных веществ: кальция карбид (пыль), оксид углерода, диоксид серы (сернистый ангидрид), окислы азота.

При производстве карбида кальция выделяется значительное количество пыли, которая отсасывается вместе с газом. В каждом кубометре отходящих газов содержится 30-40 г пыли. Количество выделяемой пыли и ее состав зависят от качества применяемого в производстве сырья и от установившегося режима работы. Главной составной частью выбрасываемой пыли является кальций в виде карбоната и окиси кальция, в сумме они составляют почти 75% веществ, содержащихся в пыли. Также в состав пыли входят: окись алюминия и железа, окись кремния, сульфат кальция, окись магния, углерод, влага.

Пыль карбида кальция относится к веществам IV класса опасности, оказывает раздражающее действие на кожу, дыхательные пути и глаза.

Количество выбросов пыли карбида кальция на предприятии СЕ «Донбассэнергоспецремонт» приведено в таблице 1.

Таблица 1. Выбросы пыли карбида кальция

Наименование загрязняющего вещества	Концентрация загрязняющего вещества, мг/м ³				Мощность выброса			
	максимальная		средняя		г/с		т/год	
	СП	П	СП	П	СП	П	СП	П
Карбид кальция (пыль)	94,7	21,3	75,8	17,0	0,71	0,14	15,08	2,974

СП – фактическое значение

П – предельно-допустимое значение

С момента пуска карбидного участка в 1946г. до 1990г. печь не была оснащена пылеулавливающим оборудованием. В 1990г. для снижения количества выбросов карбидная печь была оборудована циклонами ЦН-15. Проект оснащения карбидной печи газоочистным оборудованием с установкой циклонов ЦН-15 был разработан для предприятия Киевским наладочным участком «Южэнергомонтажвентиляция». В процессе работы установки ее эффективность была признана неудовлетворительной. В 1991 г. предприятие переоборудовало систему очистки выбросов карбидной печи, установив аппараты мокрого пылеулавливания МПР-20.

Заложенные в принцип ее работы конструктивные и технические решения на данном этапе не являются оптимальными, в результате чего установка пылеочистки функционирует недостаточно эффективно. Так, например, из-за того, что в отходящих газах содержатся соединения кальция, при их прохождении МПР-20, они подвергаются взаимодействию с водой, что приводит к процессу адсорбции и, как следствие, происходит быстрое забивание фильтра.

Также вследствие конструкции печи и расположения вытяжного короба не обеспечивается необходимая степень улавливания пыли и вредных веществ. Значительное количество пыли и вредных веществ при плавлении карбида кальция не уходит к фильтрам, а выбрасывается в рабочее пространство цеха. В связи с этим возникла необходимость модернизации существующих средств газоочистки.

В связи с неудовлетворительной работой системы пылеулавливания было предложено над открытым пространством печи установить зонт отсоса отходящих газов. Конструкция зонта отсоса представлена на рисунке 1.

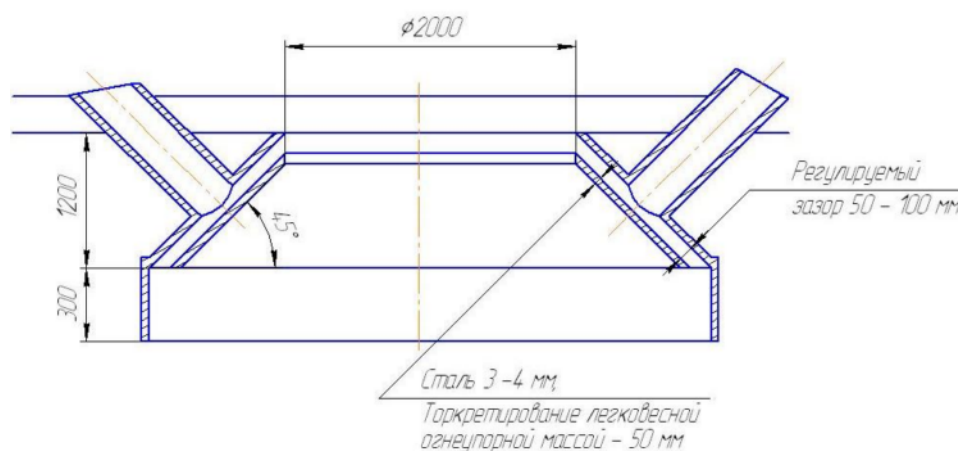


Рис.1. Зонт отсоса отходящих газов карбидной печи

Схема установки зонта отсоса над карбидной печью приведена на рисунке 2.

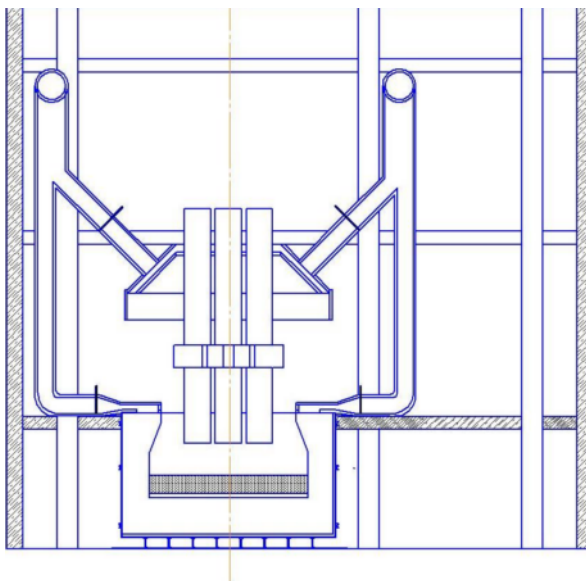


Рис. 2. Схема установки зонта отсоса отходящих газов карбидной печи

Данная конструкция позволяет наиболее полно улавливать отходящие газы при плавке карбида кальция и направлять их на очистку. В результате установки зонта отсоса отходящих газов выбросы карбидной пыли значительно снизились.

Также была произведена замена мокрой очистки отходящих газов на сухую (зернистый фильтр). Значения выбросов после реконструкции системы очистки отходящих газов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Выбросы пыли карбида кальция после установки зонта отсоса отходящих газов

Наименование загрязняющего вещества	Величина выбросов до реконструкции, г/с	Величина выбросов после реконструкции, г/с	Норматив предельно допустимого выброса, г/с	Эффективность выполнения реконструкции, т/год
Карбид кальция (пыль)	0,71	0,14	0,14	12,106

Параллельно с ходом работ по реконструкции карбидного производства, предприятие совершенствует технологический процесс с целью сокращения времени плавки, повышения качества конечного продукта. С 2002 г. количество плавов в сутки сократилось в два раза, соответственно в два раза уменьшился общий объем выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу, что в конечном итоге благоприятно сказывается на экологии г. Зугрэса.

Список литературы: 1. Кузнецов А.А. Производство карбида кальция. — М.:Госхимиздат, 1954г., 267с. 2. Каменев П.Н. «Отопление и вентиляция», часть 2 — Вентиляция. Стройиздат. М.:1992, 480 с.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА СИГНАЛОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Трубина М.С., Смирнова М.А., Ивченко Т.Г. (каф. ЭС, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Совершенствование методов управления является существенным резервом повышения эффективности функционирования электромеханических систем. В связи с этим весьма актуальны задачи создания современных методик исследования электромеханических систем и анализа их параметров.

В настоящее время достаточно широкое распространение получили методы математического моделирования переходных и установившихся процессов функционирования электромеханических систем, позволяющие расчетным путем определять необходимые параметры их эксплуатации.

Знание состава высших гармонических в токах и напряжениях электроэнергетических систем позволяет оценить степень несимметрии, несинусоидальности, определить соответствие качества напряжения требованиям ГОСТ 13109-67, а также оценить эффективность применения фильтровых защитных устройств.

В системах механообработки машиностроительных предприятий для обеспечения эффективной работы металлообрабатывающего оборудования с переменными случайными нагрузками в установившихся и переходных режимах необходимо совершенствование методов управления процессом резания. Использование в современных системах механообработки измерительных комплексов с аналогово-цифровыми преобразователями, имеющими значительные преимущества по способу хранения и обработки информации, скорости передачи данных, существенно расширяет возможности исследований параметров процесса резания [1, 2, 3].

Целью работы является совершенствование методики оценки гармонического состава токов и напряжений для исследования и математического описания сигналов, полученных с помощью натуральных осциллограмм при измерении параметров процесса резания в различных условиях механообработки.

Основное содержание и результаты работы

Основной параметр процесса резания, исследуемый в работе – ЭДС, представляемая в виде осциллограмм, полученных при измерениях на токарном станке с ЧПУ 16K20Ф3 с помощью аналогово-цифрового преобразователя модели ADC-16 (PicoLog Ltd. Company), тензометрического усилителя ТА-5, тензометрических датчиков.

Осциллограммы, используемые в качестве исходных данных для исследования гармонического состава сигналов, на которых зарегистрированы мгновенные значения напряжений, возникающих при измерении ЭДС резания [1], представлены на рис.1.

Осциллограммы получены для следующих условий обработки: обрабатываемый материал - сталь 45; инструментальный материал Т5К10; диаметр обработки $d = 45\text{мм}$; режимы обработки: глубина резания $t = 1\text{мм}$; подача $s = 0.4\text{мм/об}$; скорость резания $v = 80\text{м/мин}$, частота вращения $n = 200\text{с}^{-1}$ при износе по задней поверхности лезвия $h = 0,05\text{мм}$.

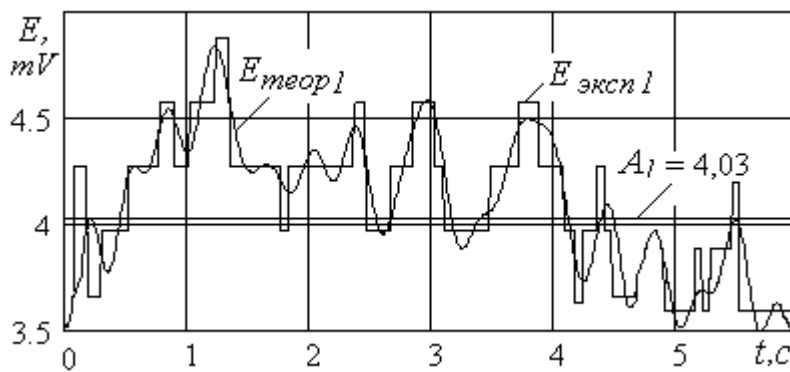


Рис.1. Исходные осциллограммы ЭДС - $E_{эксп}$ и их гармонический состав по результатам разложения в ряд Фурье – $E_{теор}$ для различных вариантов обработки

На этом же рис. 1 представлены графики результирующей ЭДС $E_{теор}$, полученной по результатам разложения в ряд Фурье путем суммирования мгновенных значений напряжений.

Представленные экспериментальные и теоретические графики ЭДС свидетельствуют о достаточно хорошем их совпадении

(погрешность не превышает 10%).

В работе выполнено разложение напряжений, возникающих при измерении ЭДС резания, на гармонические составляющие, а также определены коэффициенты несинусоидальности, позволяющих оценить степень влияния отдельных гармонических на результирующий сигнал.

Известно, что несинусоидальная периодическая функция может быть представлена в виде составляющих ряда Фурье [1]. Анализ осциллограмм сил, возникающих в процессе резания металлов, позволяет выявить периодический характер изменения этих сил и применить методику [1].

На выбранном интервале времени исходная величина (ток, напряжение) представляется в виде ряда Фурье:

$$i(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} I_{mk} \cos(k\omega t - \varphi_k) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sin k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \cos k\omega t, \quad (1)$$

где A_0 - постоянная составляющая, определяемая как среднее значение n дискретно выделенных величин на интервале:

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} i(t) dt \approx \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n i_s(t); \quad (2)$$

I_{mk}, φ_k - амплитудное значение и начальная фаза тока (напряжения) k -й гармоники;

$$B_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} i(t) \sin(k\omega t) dt \approx \frac{2}{n} i\left(s \frac{T}{n}\right) \sin\left(ks \frac{T}{n}\right); \quad (3)$$

$$C_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} i(t) \cos(k\omega t) dt \approx \frac{2}{n} i\left(s \frac{T}{n}\right) \cos\left(ks \frac{T}{n}\right).$$

Здесь период T делится на n равных интервалов и в каждой точке деления вычисляются ординаты $i(sT/n)$, полагая $s=1,2,3...n$. Зная B_k и C_k , можем найти амплитуду и начальную фазу k -й гармоники:

$$I_{mk} = \sqrt{B_k^2 + C_k^2}; \quad \varphi_k = \arctg(B_k / C_k). \quad (4)$$

Теперь представляется возможным сформировать выражения для мгновенных комплексных значений периодических составляющих токов (напряжений) для каждой гармоники:

$$\underline{imgn}_{k_s} = Ima_k (\cos(k\omega t_s - \varphi_k) + j \sin(k\omega t_s - \varphi_k)); \quad (5)$$

Теперь можно найти значение коэффициента несинусоидальности K_{HC} [4]:

$$K_H = 100 I_k / I_{НОМ}; \quad (6)$$

где $I_{НОМ}$ - действующее значение тока (напряжения): $I_{НОМ} = \sqrt{\sum_{s=1}^n i_s(t)^2 / n};$

I_k - действующее значение тока (напряжения) k -й гармоники: $I_k = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{s=1}^n \left(Re(\underline{imgn}_{k_s}) \right)^2}.$

Адекватность предложенного метода оценивается по степени совпадения исходной кривой сигнала с результирующей кривой, полученной по сумме гармонических составляющих.

По предложенному алгоритму разработана программа, позволяющая разложить исходную кривую тока (напряжения) в ряд Фурье с различным количеством гармоник и рассчитать коэффициент несинусоидальности.

В результате выполненных исследований обоснована возможность применения методики определения гармонического состава токов и напряжений для анализа и математического описания сигналов, полученных с помощью натуральных осциллограмм при измерении ЭДС резания. В результате расчетов с помощью коэффициента несинусоидальности устанавливается вклад каждой гармоники в результирующий сигнал, определяются значения постоянной составляющей и коэффициентов ряда Фурье, что позволяет дать аналитическое описание исследуемых сигналов с заданной точностью.

Использованная методика может найти широкое применение для более качественного анализа закономерностей формирования параметров процесса резания при моделировании и управлении процессами механообработки.

Список литературы: 1. Матвиенко А.В., Феник Л.Н. К вопросу о влиянии ЭДС резания на шероховатость обработанной поверхности // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Международный сборник научных трудов. - Донецк: ДонНТУ, 2006. - Вып. 32. - С.74-77. 2. Смирнова М.А. Определение гармонического состава токов и напряжений при измерении сил резания в механообработке // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 4 (124) - Донецьк, ДонНТУ, 2007.- С.49-55. 3. Смирнова М.А., Матвиенко А.В., Ивченко Т.Г. Применение методики определения гармонического состава сигналов при анализе параметров процесса резания // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. Вип.21. - Краматорськ: ДДМА, 2007.- С.312-318.

COMPUTER AIDED HIGH SPEED PRECISION MACHINING

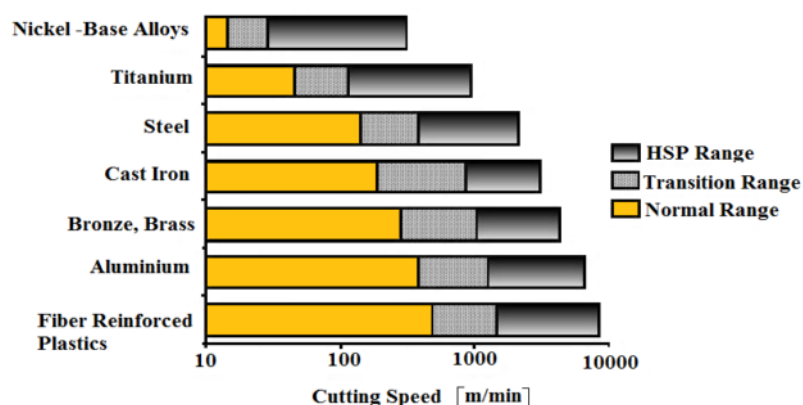
Marta Harničárová, Jana Jedináková (*Faculty of Manufacturing Technologies, Technical University of Košice*)

The main purpose of many manufacturing companies is to produce intricate components by using minimum of manufacturing operation, the best by using only one machine. The quality software simulation can help designers and developers in way of better understanding the manufacturing process and workpiece behaviour. Nowadays are available on the market strong software tools called as CAD/CAM, that are integrated into the manufacturing and developing process. Preferred are those, that offer high performance, are easy to learn (easy to use), and allow streamlined data exchange.

Definition of HSPM is used in respect to parts tolerances, which are moving between 0.013 and 0.005 mm. Tolerances better than ± 0.0002 get us into the area of ultrahigh precision machining. HSPM for most means – high spindle speeds, high feed rates and small depths of cut, on a wide range of materials, spindle speeds ranging from 10 000 – 40 000 revs per min, feed rates up to 40 000 mm/min good surface finish and last but not least high accuracy and quality of machined parts. This high precision machining is scalable, that means, it depends on the size of part, machine tool and material being machined. Precision machining requires high performance in few disciplines:

- 1) machine geometry and construction,
- 2) motion control,
- 3) thermal growth and environmental control,
- 4) spindle technology,
- 5) tooling selection and application,
- 6) machining strategy, and
- 7) real-time performance monitoring and correction.

The cumulative effect of errors in these seven must not exceed ± 0.0005 over the workpiece volume. The main difference between the high speed and the conventional machining is in the mechanism of chip formation. The detachment of chip is depending on the physical properties of working material and on the condition of plastic deformation.

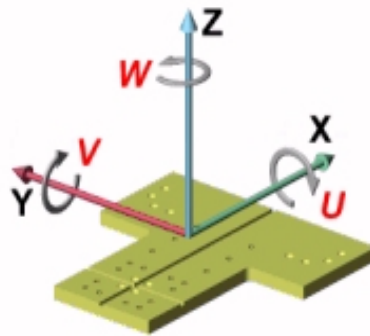


HSPM zone for selected materials

Typical benefits of High-Speed Machining process:

- Reduced machining time
- Reduced mechanical stresses
- Reduced heating of the part
- Improved surface finish
- Ability to use smaller tools (Micro-mechanical machining)
- Reduced assembly and storage costs
- Improved dynamic stability
- Capability of combination HSM with the machining without cooling

Many manufacturing companies would like to produce intricate components by using minimum of manufacturing operation, the best by using only one machine. It faces to cutting time needed for intermediate operations, fixturing, and causes the higher productivity. The usage of machine – tool (mostly 4 or 5 axis), that are able to perform for example both milling and turning together, can result in the case of collision to the higher costs. This is just because the cost for machine and workpiece reparation are mostly such as expensive and unfortunately ends in the manufacturing process interruption. Nowadays is frequently talked about 5 axis precision machining.



5Axis precision machining

5 Axis Precision Machining allows machining of all 5 sides in one Set up. While this can certainly be a cost saving factor, 5 Axis machining is used more often for complex contour work, which may need simultaneous movement of all 5 Axes. Current generation 5 Axis machines offer excellent tolerances - as close as 3 microns. Therefore is needed to find out the most effective way to programme those machine tools and we can not forget about such as important thing as is the simulation of manufacturing operations, to prevent the risk of collision. The CAD/CAM, are software tools and there are integrated into the manufacturing process. The important criterion of CAD/ CAM system availabilty and quality is not only manufacturing performance, but also the performance of designing and modelling functions with the respect to the work with 3D models. Unless are those functions as well integrated into the one system environment (unit platform), it approaches to the ideal performance condition. System integration is actually more effectively software solution. Optimizing the tooling and factory equipment design process requires companies to change the way they work on a day – to – day basis. Just as important, companies need to ensure everyone across

the organization understands and adopts the new processes and technology. Typical benefits from improving the tooling and factory equipment design process include:

- Improved production productivity
- Faster reaction to engineering changes
- Higher tooling designer productivity
- Better tooling quality
- More collaborative tooling design process
- Increases tooling design reuse
- Easier to outsource tooling design
- More predictable tooling design projects

The basic philosophy of CAD/CAM softwares is easy to use, simplicity and high efficiency by creation of unlimited variety of programs for CNC machines. That is the goal of many CAD/CAM softwares. The strength of CAD/CAM sw is capability to meet all production machining needs for a complete solution, from design (3D modeling) through NC code generation; NC program creation, process documentation, post-processing, and toolpath verification and simulation. By automating many programming tasks and leveraging 3D models to create a toolpath is apparent the important role of a fully integrated CAD/CAM environment, especially the complete associativity across applications. That means any change made to the design is automatically reflected in all downstream deliverables – without any translation of model information between applications. So you can avoid the possibility of translation errors in design.

A CAD/CAM system can consist of separate or integrated CAD and CAM software. For a system using separate CAD and CAM packages, transfer of drawing geometry using either direct or indirect translation is required. In this case, part geometry is first created on the CAD system and then transferred to the corresponding CAM system. After the geometry has been recreated in the CAM system, the programmer specifies the tools that will be used. Detail information for each tool, such as material, diameter, number of flutes, and length, will be specified. Next the order of the machining process will be established. And finally a tool path with proper feed rate information is provided. Most CAM systems provide interactive graphic http://www.jjttrain.com/vms/Media/cnc_cad-cam/CADCAM_procedure.wmv animations to verify the NC part program. An integrated CAD/CAM system is a dedicated system that will allow the user to create product geometry and generate CNC programs all in one package. Data transfer from CAD to CAM is not required, and there is no data compatibility problem. This feature is important since it ensures the accuracy and reliability of the data.

If we want to talk about the HSPM (high speed precision machining) we have to start with the machine base. That support to be from cast iron (rigidity of the machine design) because of:

- Maximum stability
- Minimizing vibration
- Better surface finish

The task of digital drives and direct measuring systems is to guarantee highest precision and repeatability, to assure accurate components and good surface finish and speed of motion control. Next component of HSPM are machine control systems and their function is as follow:

- Fast processor speeds
- NC data running from memory or disk
- Large block ahead to maintain feed rates
- Controlled acceleration and deceleration

Relating to holders and cutting tool technology it appears the problem with the vibration (just because of high speed), that causes bad surface finish. Only balanced tooling gives good surface finish. There are used shrink fit holders here. They are by design well balanced and provide minimal air friction when rotating. It is suggested shorter tool lenght. Avoiding vibartion not only applies to tool holders, it also applies to work holding methods. Nowadays is often used so call 3R Macro – Style chuck with viscoelastic layer, that damps vibration, increases tool life and provides better surface finish.

Considering all of this specification, most of companies are trying to find out the answer to the question, what will HSPM software do for them. The answer must be found in follow –

- Must to suit requirement and application
- Generate an efficient manufacturing process (new CNC machines take advantage of new technologies)
- Reduce machining time across all material types (graphite, copper, aluminium, stainless steel)
- Calculate toolpaths very fast (reducing lead & preparation times, specific software algorithms for each machining oparetaion, safe and smooth interconnecting linking of toolpath rapids, support multiple processors for multiple toolpath processing, support multi- threading for continuation of work flow)
- Provide intelligent default settings (automated HSPM parameters based on the cutting tool selected, smooth toolpaths – from roughing to finishing, spiral helix, profile ramp or arc entry and exit of material, no sharp corner changes of direction)
- Full gouge protection of cutter and holder (roughing and finishing)- all types of cutter and any shape of holder)
- Easy of use (infrequent users, reducing time from design to part)
- Automation (process capture and reuse, macro)
- Standalone software HSPM CAM on the shop floor, CAD independent, data interfaces – acception of customer data – **Pro/ENGINEER, IGES, VDA, STL, Parasolid, CATIA V4, CATIA V5, Solidworks**), and toolpath asociativity

References: 1. Kocman, K. (2004). Speciální technologie - Obrábění, pp. 122 – 133. VUT Brno, Brno. 2. Pasko, R., Przybylski, L. And Slodki, B. (2002). High speed machining (HSM) – the effective way of modern cutting. In: : International Workshop CA Systems And Technologies 2002, pp. 72 – 79. 3. Ižol, P., Fabian, M. (2006). CAD/CAM systémy v technologickom procese obrábania, TU Košice, Košice.

GENERAL SOLVING OF THE DIRECT AND THE INVERSE KINEMATIC PROBLEM OF PARALLEL STRUT-KINEMATICS

Sven Rost (каф ТМ, ДонНТУ, г.Донецк, Украина)

Abstract: In this paper we describe a general manner of solving the direct kinematic problem (DKP) and the inverse kinematic problem (IKP) of parallel strut-kinematics with variable strut-lengths. The IKP is solved under use of the homogeneous coordinate-transformation, and builds the fundament for solving the DKP. The DKP is in general not analytical solvable. For this problem we used 5 different numerical iteration methods. We test and compare the methods on an Hexapod-configuration under static and dynamic conditions. We show that its possible to solve the DKP and IKP with relative easy mathematical methods under low computational expenses and with high accuracy.

INTRODUCTION

The special sign of parallel kinematics in the field of robotic is, that the manipulator of the robot is connected to the base with more then one kinematic chain. They build, in opposite to their conventional serial counterparts, a closed control loop.

The first use of parallel kinematics was already done in the year 1949 with the commissioning of a tire test bay by V. Gough. The concept of the Hexapod, a parallel kinematic with 6 degrees of freedom, was presented by D. Stewart in the year 1965. Parallel kinematics wins increasing interest for industrial usage. Advantages are, in compare to the serial kinematics, the higher stiffness (robust mechanical structure), the higher dynamic (less moved mass), the higher precision and in the economical production, because of a high degree of equal assemblys. A disadvantage is e.g. the complex control expense. Because of this, we try to find in this work a general manner of solving the two fundamental problems (DKP, IKP) under usage of simple mathematical methods.

INVERSE KINEMATIC PROBLEM (IKP)

The task of the inverse kinematic is to calculate the strut-lengths belonging to a defined TCP¹-POSE². For the further description the following definitions are valid: A parallel kinematic consists of a Base which is fixed in space, and of a mobile Platform on which the TCP is mounted. In every of these 3 components we define a body-fixed coordinate system (CS), shown in Figure 1.

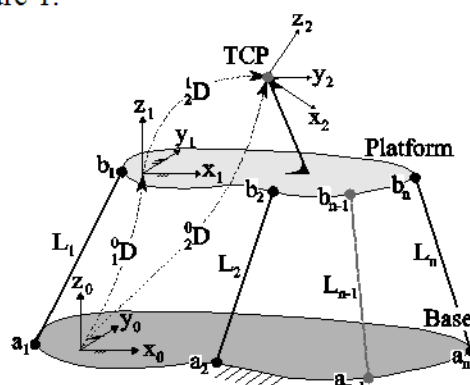


Figure 1. Definition of the coordinate systems

¹ Tool Center Point

² Position + Orientation

In the Base-CS 0 we define the space-fixed joints a_i , and in the Platform-CS 1 the joints b_i which are fixed on the platform. With the equations (1) and (2) we summarize this facts of the case in matrix notation with homogeneous coordinates. The upper left index indicate the CS in which the coordinates are defined.

$${}^0A = \begin{pmatrix} {}^0a_{1x} & {}^0a_{2x} & \cdots & {}^0a_{nx} \\ {}^0a_{1y} & {}^0a_{2y} & \cdots & {}^0a_{ny} \\ {}^0a_{1z} & {}^0a_{2z} & \cdots & {}^0a_{nz} \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$${}^1B = \begin{pmatrix} {}^1b_{1x} & {}^1b_{2x} & \cdots & {}^1b_{nx} \\ {}^1b_{1y} & {}^1b_{2y} & \cdots & {}^1b_{ny} \\ {}^1b_{1z} & {}^1b_{2z} & \cdots & {}^1b_{nz} \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

To calculate the strut-lengths L_i , which is equal to the euclidian distance between the joint-pairs a_i and b_i , we must describe all joints in one coordinate system. Practical we use the space-fixed Base-CS 0. With equation (3) it is possible to transform points ${}^{k+1}p$ from the CS $k+1$ into CS k .

$${}^k p = {}^k D \cdot {}^{k+1} p \quad (3)$$

With the following transformation relation: ${}^{k+1}D = \begin{pmatrix} {}^k R & {}^{k+1}T \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

Where R stands for the Rotation Matrix calculated from 3 rotation angles. For example we can use the Z-Y-X Euler representation, with:

$${}^{k+1}R(\delta, B, \gamma) = R(\underline{\mathcal{Z}}_{k+1}, \gamma) \cdot R(\underline{\mathcal{Y}}_{k+1}, B) \cdot R(\underline{\mathcal{X}}_{k+1}, \delta)$$

$${}^{k+1}R = \begin{pmatrix} c_\gamma & -s_\gamma & 0 \\ s_\gamma & c_\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_B & 0 & s_B \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_B & 0 & c_B \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_\delta & -s_\delta \\ 0 & s_\delta & c_\delta \end{pmatrix}$$

$${}^{k+1}T = [t_x \quad t_y \quad t_z]^T$$

And the following definitions: $c \dots \cos$, $s \dots \sin$ / $\delta, B, \gamma \dots$ Euler angles / T Vector from the origin of CS k to the origin of CS $k+1$.

In fact that the joints b_i are defined in the Platform-CS we must calculate the Platform-POSE which depends on the known TCP-POSE 0D . The Platform-POSE 0D relative to the basis can be calculated with the relations in Figure 2 and the resulting rules in equation

(4).

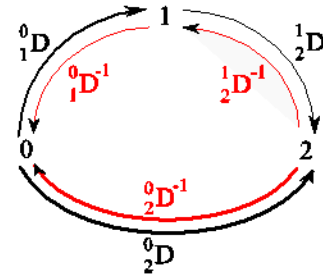


Figure 2: Transformation relations

$$\begin{aligned}
{}^0D &= {}^0D_1 \cdot {}^1D_2 \cdot D \\
{}^0D &= {}^0D_2 \cdot {}^1D_2 \cdot D^{-1} \\
{}^1D &= {}^0D_1 \cdot D^{-1} \cdot {}^0D
\end{aligned}
\quad (4)$$

The matrix 1D stands for the the fix transformation relation between the Platform and the TCP. With equation (5) we can now transform the joints b_i in the CS 0.

$${}^0B = {}^0D_2 \cdot {}^1D_2 \cdot D^{-1} = {}^0D_1 \cdot B \quad (5)$$

Now we can solve with equation (6) the euclidian distance between the joint-pairs a_i and b_i , which is equal to the strut-lengths L_i .

$$L_i = \sqrt{({}^0b_{ix} - {}^0a_{ix})^2 + ({}^0b_{iy} - {}^0a_{iy})^2 + ({}^0b_{iz} - {}^0a_{iz})^2} \quad (6)$$

DIRECT KINEMATIC PROBLEM (DKP)

On the basis of the Inverse Kinematics we presentate 5 possible methods for solving the DKP, Figure 3. Four of this methods use an optimization function. We get this function from the general form for the calculation of the strut-lengths, equation (7), and with quadratical summation, equation (8). The minimum of the function F_{opt} is equal to a possible solution to the DKP of the parallel kinematic.

$$L_i = f_i(x, y, z, \phi, \theta, \gamma) \quad (7)$$

$$F_{opt} = \sum_{i=1}^n (f_i(x, y, z, \phi, \theta, \gamma) - L_i) \quad (8)$$

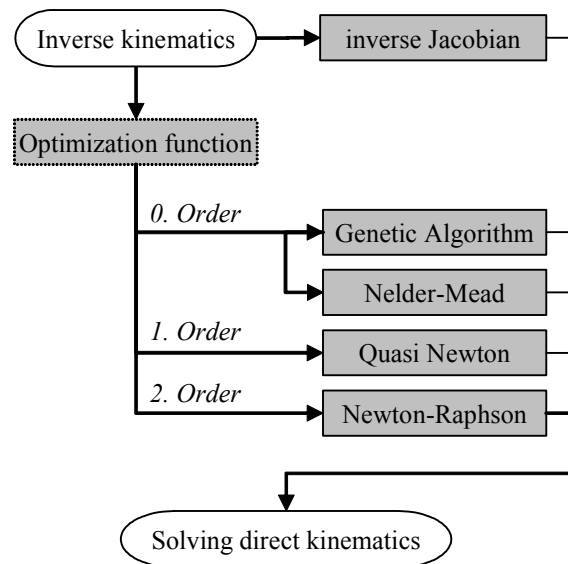


Figure 3: Methods for solving the DKP

Example: Solving with Genetic Algorithm

Genetic algorithm belonging to the group of stochastic optimization methods. The optimization process works only with the function values. Derivatives, like in Jacobian or Newton-Raphson method, are not necessary.

The principle of Genetic algorithms, is to combine solving suggestions, such called Individuals, until they fit the problem requirements. The algorithm use methods of the evolutionary biology development to create new Individuals. Essentially these are the 3 genetic operations: Selection, Recombination and Mutation.

Algorithm:

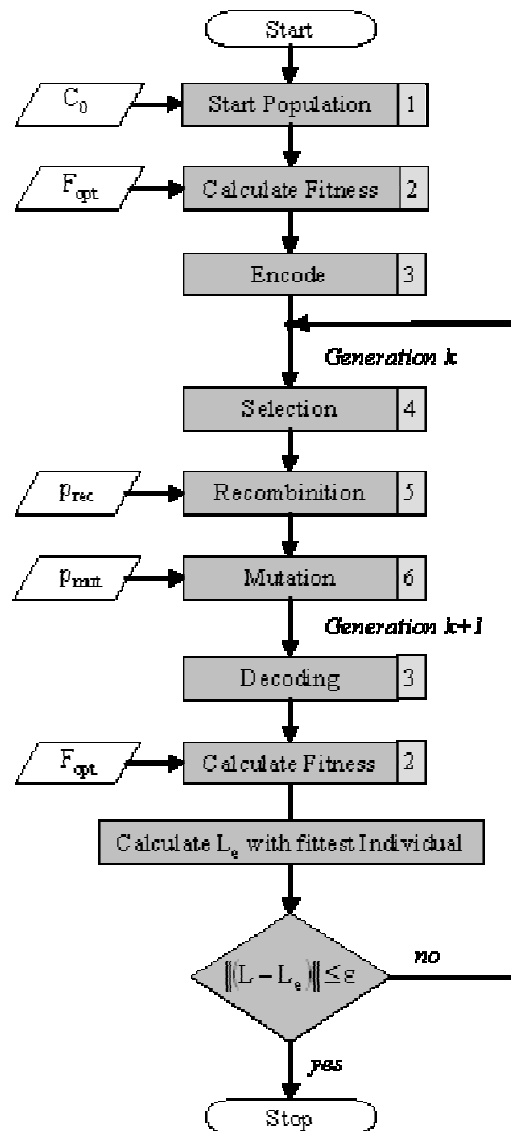
- 1 Randomly creation of Individuals around $C_0 = [x_0, y_0, z_0, \bar{b}_0, b_0, r_0]^T$
- 2 Calculate the function values of the Individuals with F_{opt} and scale them to a Fitness-value (low function value correspond to high Fitness-value)
- 3 Coding/Decoding of the Individual-parameters between decimal and binary representation, use Graycode as binary representation to get faster convergence (Hamming distance 1)
- 4 Randomly Selection of Individuals. Probability proportional to the Fitness of the Individual. (methods: Roulette Wheel-, Tournament-, Tresholding Selection)
- 5 Recombination with Crossover of the Individual- parameters with probability p_{rec} . (methoda: 1-point-, 2-point-, Uniform- Crossover)
- 6 Mutation of Genom (Bits) of all Individuals with probability of p_{mut} . (methods: Flip-, Swap- Mutation)

Definitions:

L ... desired-strut-lengths

ε ... Error tolerance of the strut-lengths

x, y, z, \bar{b}, b, r ... Parameter of the TCP-POSE



COMPARISION OF THE SOLVING-METHODS FOR DIRECT KINEMATICS

The algorithms were implemented in Matlab (Version 7) m-files. The testing-platform was an PC with Intel Pentium processor with 1.5 GHZ.

For comparison of the solving method for Direct Kinematics we use an parallel kinematic configuration called Hexapod. A Hexapod consist of a movable Platform which is connected to the Base with 6 struts and 12 spherical joints. The struts have an mechanism which can change the strut-lenght independently. The degree of freedom of the Platform is $F=6$.

We used the trajectory shown in figure 4 and equation (9) to test and compare the dynamical behaviour of the algorithms.

Table 1 shows the quantitive comparation of the five used methods for solving the direct kinematic problem.

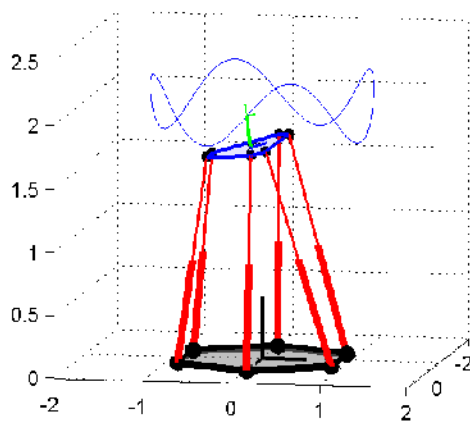


Figure 4: Used Trajectory

$$\begin{aligned}
 x(t) &= \cos(p/2 \cdot t) \\
 y(t) &= 1.25 \cdot \sin(p/2 \cdot t) \\
 z(t) &= 2 + 0.25 \cdot \sin(2 \cdot p \cdot t) \\
 \delta(t) &= 10 \cdot \cos(p/2 \cdot t) \\
 b(t) &= 10 \cdot \sin(p/2 \cdot t) \\
 r(t) &= 20 \cdot \cos(p/2 \cdot t)
 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Parameters: } & 0 \leq t \leq 4s \\
 & e = 1 \cdot 10^{-3} m \\
 & t_{\text{sample}} = 5ms
 \end{aligned}$$

Table 1. quantitative comparison

Algorithm	Ø cycle time [s]	Ø error: position 10^{-3} [m]	Ø error: orientation [°]	Ø iterations
Jacobian	0.011	0.0153	0.004	2
Newton-Raphson	0.288	0.7123	0.035	4
Quasi-Newton	0.186	1.8	0.148	10
Nelder-Mead	0.171	1.9	0.214	80
Genetic algorithm	0.266	2.2	0.226	25

COMPREHENSION

In this paper we described a possible solution of the IKP and DKP problem for parallel kinematics with variable strut-lengths. The IKP can be solved without errors, because of the closed analytical solution. Based on this we presented 5 methods of solving the DKP. The function of the solving process was tested on many trajectories, one of these we presented in this paper. Therefore the algorithms had to track a trajectory outgoing from a start-POSE only with the knowledge of strut-length over the time. We have recognized that in some situations we received not the expected but an theoretic possible trajectory. The reason for this is, that for one set of strut-length the Hexapode can have up to 40 real solution in his working space [2]. So the algorithms can jump to another possible solution. To avoid this, it is important that the sample time is set as low as possible.

We obtain the best results for the DKP with the Jacobian matrix, but the singularity in some situations is a big disadvantage. In the group of solving the DKP with the optimization function we presented beneath the conventional methods (Newton-Raphson, Quasi-Newton, Nelder-Mead Simplex) the Genetic algorithm (GA). Only with the essential operations of the canonian GA (Recombination, Selection and Mutation) we already received good results. The GA has, because of the sensitive process parameters and developable (methods like: simulated annealing) a high development potential for the DKP problem.

Literature: 1. Whitley D., A Genetic Algorithm Tutorial, Computer Science Department, Colorado State Univ. 2. Dietmaier, P. (1998) The Stewart-Gough Platform of General Geometry can have 40 real Postures. Advances in Robot Kinematics: Analysis and Control. 3. Sciavicco, L., Siciliano B. (Springer, 2000), Modelling and Control of Robot Manipulators.