

# ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИНТЕГРИРАНЕ НА CAD/CAM ПРОЕКТИРАНЕТО СЪС СЪЗДАВАНЕ НА КОНТРОЛНО - ИЗМЕРВАТЕЛНИ ПРОГРАМИ ЗА КООРДИНАТНО - ИЗМЕРВАТЕЛНИ МАШИНИ (СММ)

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

Проф. д-р Петър Хаджийски Гл. ас д-р Цветан Калдъшев Маг. инж. Николай Острев

**Резюме:** В работата се анализира потребността от възможността за интегриране на CAD/CAM проектирането със създаване на контролно-измервателни програми за координатно-измервателни машини (СММ) и възможността то да се осъществи във виртуална среда.

**Ключови думи:** CAD, CAM, CNC, СММ

## 1. Въведение

В работата се анализира потребността от възможността за интегриране на CAD/CAM проектирането със създаване на контролно-измервателни програми за координатно-измервателни машини (СММ) и възможността то да се осъществи във виртуална среда, в контекста на идеята на специалисти от Sinumerik и др. [1] от бранша да се представи интегрирането като верига – „CAD – CAM – CNC“ (фиг. 1).



Фиг. 1

Към така дефинираната възможност трябва да се добави пояснението паралелно - да се генерират и програми за измерване на координатно-измервателна машина с CNC, с което да се провери осигурява ли се зададеното качество на детайла, т.е. да се затвори производствената линия на този етап от създаването на продукта преди да се стигне до сглобяването на изделието и откриване на неизпълнение на функционални изисквания, резултат на неточно изработени детайли.

## 2. Подход за решаване на задачата

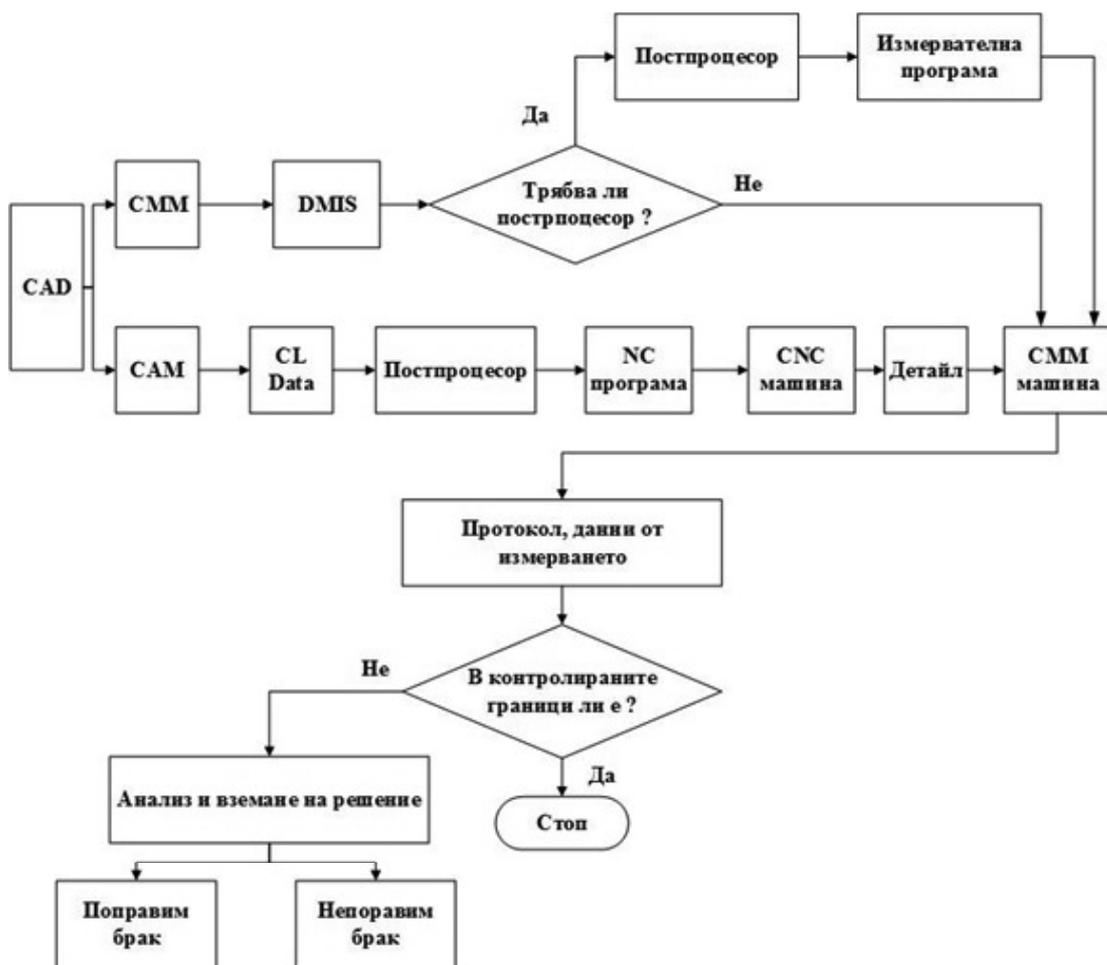
Този подход дава възможност за откриване и на други причини за несъответстващо качество и предпазване от допълнителни разходи, особено при сложни детайли, каквито се срещат в инструменталното производство в частност на инструменталната екипировка. Обикновено тези детайли са много скъпи и отговорни, което позволява и налага използването на координатно-измервателни машини. В тази връзка може да се говори за производствена верига – „CAD – CAM – CNC – СММ“. Този подход има и едно много важно предимство, състоящо се в това, че във виртуална среда се работи от един и същи CAD модел при едни и същи изходни условия [2,3]. Използването на СММ обикновено се разбира като следоперационен контрол, с

което се отговаря на въпроса годен ли е детайла и следващото действие върху него какво да бъде (фиг.2):

- да се приеме като годен детайл, при който всички характеристики са в рамките на допусковите полета;
- той е поправим брак и трябва да се извърши дообработка с цел корекция на размери и детайлът да има всички характеристики в рамките на допусковото поле;
- да се бракува, като непоправим брак.

Редица специалисти в областта на разработването на технологични процеси за металорежещи машини с CNC издигат тезата, че всяка обработка (технологичен преход) трябва да завършва с измерване, резултатите от което да се използват при изпълнение на следващите технологични преходи, включително в рамките на същата операция, на същата установка. По този начин непрекъснато ще се поддържа информация за състоянието на процеса. Такава впрочем е и концепцията развита в [4]. Това предполага използването на „inline metrology“, интегрирана в производствения процес по реда на изпълнение на технологичните преходи. В същия источник се предлага дори използването на робот и измерване с камера или с лазерен лъч.

При използването на СММ във всички случаи се предполага обработен окончателно детайл, установен на измервателната машина за измерване. Обикновено това са сложни отговорни детайли от активната част на шприцформи, щампи, щанци, пресформи и др. Най-често споменатите по-горе детайли се изработват на машини с CNC с програми генерирани в CAD/CAM. CAD моделът е импортвана геометрия или се създава във виртуалното пространство на същия CAD/CAM пакет като се моделира с неговия инструментариум. Този подход е много удобен при използване на интегрирани CAD/CAM/CAE системи. Тези системи разполагат с модули за контрол и анализи на всеки етап, всяка стъпка на изпълнение на развитието и създаването на продукта като се започне от CAD, където с инструментариума за моделиране във виртуалното пространство на премествания на елементите на моделирана механична система („Simulation“) и т. н. може да се верифицира действието на



Фиг. 2

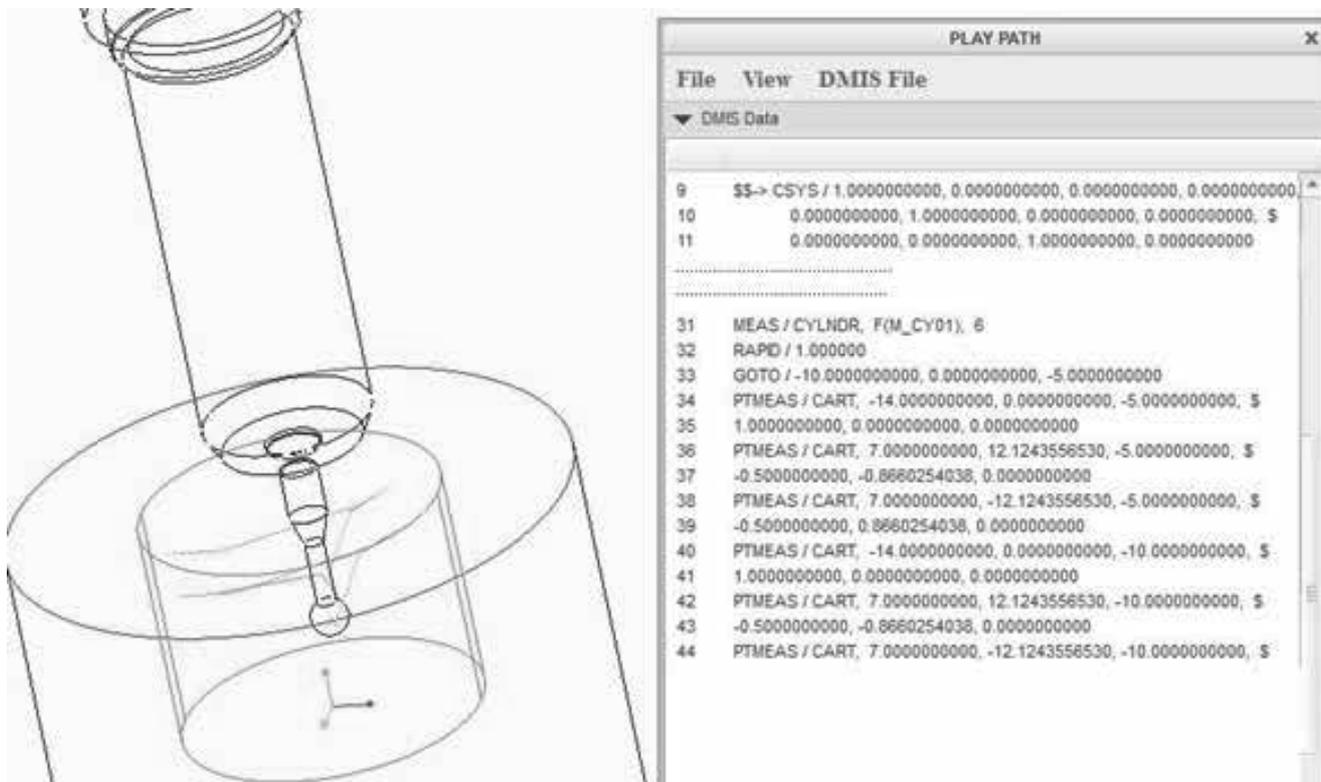
един механизъм, с CAE модула да се оцени натоварването на елементите на системата [7]. Особено внимание се отделя на протичането и осигуряването със средства за контрол на производствения процес. Основните фази на този процес се представят с веригата „CAD – CAM – CNC“. В [4] също така се отчита, че производствените условия влияят много силно на качеството на протичане на производствените процеси и процесите на измерване, особено силови и топлинни деформации, износване на инструментите, при което се намалява точността на детайлите и стабилността на технологичните процеси, което рефлектира и върху производителността и някои икономически показатели. Последните от изброените фактори действат най-силно в етапа производство, представен на фиг.1 като машина с CNC управление. Това са основните фактори влияещи върху качеството на обработваните детайли и ефективността на процесите. Влиянието на някои от тях може значително да се намали с технологични средства, с използвания постпроцесор, и особено като се използват възможностите на CNC за приложението на активен контрол в работната зона [6] или при следоперационния контрол (фиг.2).

При последния метод във веригата на производствения цикъл (фиг.2) е предвидено метрологично осигуряване с координатно-измервателна машина [5]. Такива координатно-измервателни машини се управляват с програма DMIS (Dimensional Measuring Interface Standard) (фиг.3),

генерирана от CMM модула аналогична на CLData файла за генериране на програма в NC код, посредством постпроцесор. За някои CMM машини също се налага използването на постпроцесор за транслирането на DMIS в съответния код за конкретната измервателна машина. На фиг.3 е показана част от програма записана в DMIS. Вижда се: с ред 9, 10 и 11 е зададена координатната система която съвпада с основната. С ред 31 на фиг.4 е зададена команда

31 MEAS/CILINDR F(M-CY01),6 за измерване на отклонение от цилиндричност по 6 точки в две сечения по три точки в първото сечение зададени с редове 34, 36 и 39 и във второто сечение с редове 40, 42 и 44. Двете сечения са отместени по оста на цилиндъра на 10мм.

Размери, гранични отклонения и посоки на измерване се задават със специална стъпка - Verify Step. На фиг. 4 са показани двата основни случая на контрол на размери (Dimensions) и отклоненията от геометрична точност на формата на измервана повърхнина (Geometric Tolerances). При контрол на допуски на размерите се процедира по следния начин (фиг. 4а): избира се обектът на измерване, за да се визуализират размерите в графичната област (1), избира се контролираният размер (2), след което се избира измерваният обект (3). При контрол на отклонението от геометрична точност на формата (фиг. 4б) се избира обектът на измерване, за да се визуализират размерите в графич-



Фиг. 3

ната област (1), след което се избира контролираното отклонение на формата (2), избират се измерваният обект (3) и равнината на измерване (4).

Проверката на даден размер или отклонение на формата може да се избере от CAD модела на детайла или от неговия чертеж (2D). Впоследствие тези данни се използват и за определяне на действителните отклонения след измерване и разпечатване на "Report" за изготвяне на протоколи.

Системата извлича автоматично от CAD модела номиналната стойност и граничните отклонения на измерваната величина.

Дава възможност да се избира начина на измерване: измерване между два обекта, измерване на позиция по X, Y или Z в избраната координатна система. Движенията за измерване се задават в параметри в интерактивен диалог.

Такъв подход дава възможност генерирането на NC програма за обработване на детайла и DMIS програма за измерване да се създават по един и същи CAD модел, с което се избягват грешки и се рационализира труда на програмиста. Създават се условия за контрол във виртуалното пространство на компютър като се използва софтуера VNSK (Virtual NC Kernel), прави контрол на NC програмата за колизия, синтактически грешки и се оптимизира от гледна точка на постигането на минимално машинно време. Както е известно по същия CAD модел се създава екипировката за установяване и се спазва принципа за единство на базите при обработване и измерване.

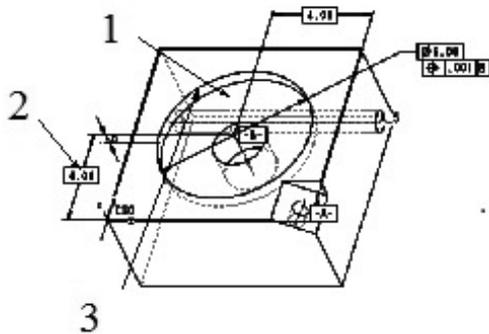
Моделът CAD – CAM – CNC – CMM е приложим и за въвеждане на прототип на ново изделие и екипировка за неговото производство. Типични примери са производствени линии за пластмасови детайли, детайли, които се щанцоват, пресоват и др. Съществена е възможността за приложение на CMM и интегрирано при работа в CAD/CAM да се генерират NC управляващи програми за изработване на детайли от активната част на инструменталната екипировка на металорежещи машини със CNC и програми за измерване в CMM модула. При това в производствената верига се включва съответно технологичната операция шприцване, пресоване, щанцоване и др. Това е много важно, тъй като качеството на изработваните детайли зависи най-много от качеството на детайлите от активната част на шприцформата, но и от технологичните фактори, температурен режим на работа, налягане, характеристики на материала и др. Така оценката на резултата за точността на работа на шприцформата и др., обикновено се свежда до производство на извадка с брой детайли съгласно стандартите за качествен или количествен контрол, измерване на тези детайли на измервателна машина и оценка на резултата съгласно заложените критерии в съответния стандарт. Очевидно този подход е възприет тъй като е най-близо до метода за пряк контрол, т.е. на детайлите и отчитане на разсейването, основаващо се на естествения „шум“ на процеса.

### 3. Изводи

В резултат на направеното разглеждане може да се формулират следните изводи:

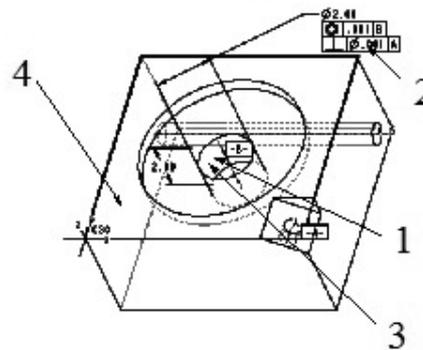
- В областта на технологичната подготовка на производ-

## Контрол на допуск на размерите Verifying Dimension Tolerance



а)

## Контрол на отклонението от геометрична точност на формата Verifying a Geometric Tolerance



б)

Фиг. 4

ството за металорежещи машини с CNC се налага интегриране в производствения цикъл на контролно-измервателни операции;

- Налага се приложението на анализ и изследване на обработващите операции с помощта на специализирани продукти като VNCK, VERICUT и др.;

- Анализирани са предимствата и недостатъците на един разширен модел на производство, следоперационен контрол и управление, включващ приложението на измервателна машина, за която измервателните програми се генерират на базата на същия CAD модел на детайла, по който се генерират и обработващите NC програми. Така разширения модел добива вида: CAD – CAM – CNC – CMM;

- Залага се на приложението на интегрирано в производствения процес метрологично осигуряване, където за подготовка на производството оптимално се използват възможностите на съвременните машини с CNC, CAD/CAM системи и измервателни машини.

#### 4. Литература

1. Alexander Volkert, Software and controls provide start-to-finish chain, EUROPEAN TOOL & MOULD MAKING, ETMM, стр. S26.1/2, 2016г.
2. JOACHIM ZOLL, From design to finished parts with a single database, EUROPEAN TOOL & MOULD MAKING], ETMM, 2015, dec 15, стр. 32.
3. JOACHIM ZOLL .Working from one database, EUROPEAN TOOL & MOULD MAKING], ETMM, S24,1/2, 2016г..
4. Nikolaus Fecht ,Industry 4.0 :inline metrology on the up , EUROPEAN TOOL & MOULD MAKING, ETMM, стр. S47, January/ February 2016 г.
5. Хаджийски П., Калдъшев Цв. Програмиране на CNC машини с САМ системи, Технически университет – София, 2016.
6. Хаджийски П. Технологични основи за управление на качеството на машиностроителните изделия. Технически

университет – София, 1994г.

7. Тодоров Г., К. Камберов, Витруално инженерство CAD/CAM/CAE&PLM Технологии, Дайрект Сървисиз ООД, София, 2015, ISBN 978-619-7171-15-0

8. Emad Abouel Nasr, Abdulrahman Al-Ahmari, Ali Kamrani, Osama Abdulhameed, Developing An Integrated System for CAD and Inspection Planning, 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering.