

ПРИЛОЖЕНИЕ ЗА БАЗИРАНЕ НА ДЕТАЙЛИ, ИНТЕГРИРАНО В SOLIDWORKS

AN INTEGRATED ADD-IN FOR LOCATING PARTS IN SOLIDWORKS

Проф. Николчева Г., Маг. Инж. Михайлов О.
Технически университет – София, България

ginic@tu-sofia.bg, omihaylov@tu-sofia.bg

Abstract: A fixture is a special tool used to accurately and stably locate the workpiece during machining process. Proper fixture design improves the quality and production of parts and also facilitates the interchangeability of parts that is prevalent in much of modern manufacturing. Traditionally, fixture design has been carried out manually and extensive heuristics knowledge from the designer is needed. This is time-consuming and reduces the productivity. An automated fixture design system is one that automates the selection of fixturing points and elements by the use of certain design techniques such as rule-based design, case-based design, or other AI tools. In the process of design automation, CAD technology plays a vital role in modeling the fixtures geometrically and rendering the design solution graphically. In this paper is presented a locating module in the format of add-in for SolidWorks which uses rule-based reasoning. Its functions are to determine the locating points, to select one of three locating methods (3-2-1 point locating, plane and pin-hole locating or V-block locating) and to create assembly with the part (prismatic or cylindrical).

Keywords: FIXTURES, COMPUTER-AIDED FIXTURE DESIGN, SOLIDWORKS, ADD-IN

1. Увод.

Приспособленията за установяване на заготовки и детайли са от голяма важност, както в традиционното, така и в гъвкавото производство, тъй като директно влияят върху качеството на обработка, производителността и цената на продукта. Времето, прекарано в проектиране и производство на приспособленията, е значителна част от времето за производство на крайните продукти [16].

Приспособленията се използват в единичното, серийното и масовото производство за точно позициониране и сигурно закрепяне на заготовката, за да се гарантира, че обработките са изпълнени съгласно конструкторските изисквания [7]. При машинната обработка геометричната точност на обработваният детайл зависи основно от относителното положение между заготовката и обработващия инструмент [15]. От приспособленията се изисква да осигурят това положение, за да се гарантира качество на производството.

Позиционирането на детайла влияе пряко върху качеството на обработката, продуктивността и цената на продукта. Всъщност разходите, свързани с конструирането и производството на приспособления, възлизат на 10-20% от общата цена на производствената система [2]. Тези разходи включват не само производството, сглобяването и използването на приспособленията, а и тяхното конструиране, така че има значителни плюсове от намаляването на разходите за проектиране, свързани с приспособленията. За да се гарантира, че един детайл ще бъде изработен съгласно специфични размери и изисквания за точност, той трябва да бъде правилно базиран, което прави много важно разработването на инструмент, който ще елиминира метода проба-грешка при проектирането и производството на приспособленията [3].

В момента модулният тип приспособления са най-широко използваните гъвкави приспособления в индустрията. Базирани на стандартизирането на елементите, изграждащи приспособленията, те са проектирани като групи от предварително изработени стандартни елементи и единици. Те имат относително тесни геометрични допуски, които могат да бъдат сглобени бързо в различни конструкции за базиране и закрепяне на детайли с различна геометрия и изисквания. След приключване на всички обработки, модулните приспособления могат да бъдат разглобени и използвани отново за други

детайли и обработки [19]. По този начин те се различават от специализираните приспособления, които след приключване на производството се бракуват.

С годините прилагането на модулни приспособления е довело до значителни технологически и икономически ползи, включително следните 4 аспекта [16]:

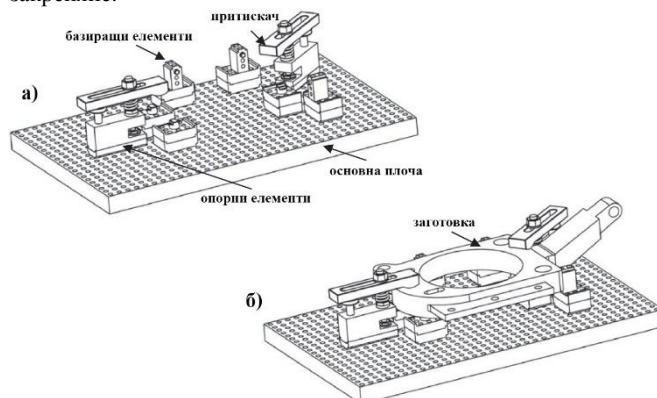
1. Значително се намалява подготвителното време. Използването на модулни приспособления може да намали времето за подготовка с над 80%.

2. Намаляват се производствените разходи, тъй като модулните приспособления се използват многократно.

3. Използването на модулни приспособления помага за осигуряване на качеството на продуктите. След като бъдат сглобени, модулните приспособления имат възможността да бъдат пренастроени и така да подобрят качеството на продукцията.

4. Използването на модулни приспособления може да разшири възможностите на производствената екипировка и да подобри производителността.

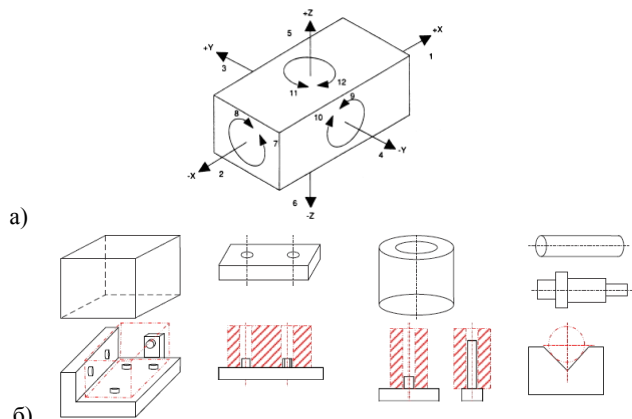
Приспособленията, използвани при машинна обработка, представляват системи от елементи, включващи базова плоча и устройства за базиране и закрепване на детайла/заготовката. На фиг. 1 е представен пример за приспособление, при което детайлът е базиран върху базирани елементи, определящи точно местоположението му [4]. Затягащите устройства притискат детайла към тях и гарантират положението му по време на обработките. Те се състоят от опорни елементи и притискачи, които контактуват с детайла и предават сила за закрепяне.



Фиг. 1. Приспособление със и без заготовка [4].

Обикновено процесът на проектиране на приспособления се състои в определянето на положенията на притискачите, базиращите и опорните елементи и правилният им избор.

Броят и положението на базиращите елементи трябва да бъдат такива, че на заготовката да ѝ бъдат отнети 6^{-те} степени на свобода по време на обработките (фиг. 2а), например чрез базиране по три равнинни повърхнини (метод 3-2-1), една равнинна повърхнина и два отвора (два щифта – цилиндричен и изрязан), една равнинна повърхнина и един отвор (с дълъг щифт) и по цилиндрична повърхнина (с дълги или къси V-блокове) (фиг. 2б).



Фиг.2. Степени на свобода на детайл [4] и отнемането им [14].

3. Компютърно подпомогнато проектиране на приспособления (CAFD).

Процесът на проектиране на приспособления е времепоглъщащ и може да се окаже много скъп, поради честото използване на метода проба-грешка. Поради тези причини разработването на автоматизирани системи за проектиране на приспособления е много важен проблем. С използването на такива системи може да се скрати времето за проектиране, чрез използване на бази данни с готови приспособления, използване на универсални сглобяеми приспособления на базата на модули, по-бързо нанасяне на корекции в дизайна на приспособленията, бърза и точна проверка на стабилността на дизайна (напр. чрез използване на Метод на крайните елементи) и др. Освен това се съкращават разходите и материалите за производство на предварителни (грешни) конструкции.

Автоматизацията на процеса се извършва успешно с използването на системи за компютърно подпомогнато проектиране на приспособления (Computer Aided Fixture Design - CAFD). Тези системи се използват за частично или пълно автоматизиране на процеса на проектиране на приспособления, като целта е генериране на подходяща конструкция за кратък период от време, като се сведе до минимум субективното влияние на конструктора. Като се вземе предвид структурната и функционалната организация на една автоматизирана система за конструиране/проектиране, както и всичките ѝ свойства, може да се каже, че всички такива системи се характеризират от наличието на 6 основни конструктивни елементи [17]:

- технически основи – хардуерът, който трябва да има висока работна скорост, голяма памет, да бъде качествен, надежден и т.н.;
- база данни – стандартизирани елементи, универсални приспособления, предишни решения и др.;
- софтуерна система – състояща се от две части: оперативна и приложна;

- човешки ресурси – за разработване, използване и поддръжка на системата;

- входяща информация – конструктивна информация за детайла, технологична информация и информация относно организацията на работата;

- изходяща информация – информация (чертежи, физически данни, икономически резултати и др.) за приспособлението като цяло и за всеки отделен елемент.

Автоматизацията на проектирането на приспособления чрез използването на CAFD системи е особено важно за конкурентоспособността и влиянието им нараства с подобряването на възможностите CAD/CAM системите и внедряването на методи, използващи изкуствен интелект (AI) [6]. Въпреки че САМ системите покриват много от производствените дейности (напр. генериране на пътя на инструмента), пълната автоматизация на САФД все още не е постигната. Основното предизвикателство тук е как да се компютъризират човешките знания и опит, така че да бъдат използвани от системата. Множество методи се използват за постигането на тази цел, като един от най-често използваните е с помощта на правила тип АКО-ТОГАВА-ИНАЧЕ (IF-THEN-ELSE). При задаване на данни за проблема, чрез серия от въпроси и отговори, основани на тези правила, се генерира решение. Kumar представя рамка, с която да се автоматизира процесът на проектиране на приспособления. Тя комбинира математически анализи и експертни системи [12]. Резултатът, извеждан от системата, е последователност за сглобяване на елементите в приспособлението. Nnaji и Aladin предлагат структура на експертна система за САФД [13]. Те прилагат IF-THEN правилата, за да развият знанията, и системата PROLOG като експертен подход за създаване на правилата за проектирането.

Друг често използван метод е Логика, базирана на предишни случаи (СВР), при който се използва база данни от готови решения. Те се използват за генериране на нови решения, които след това се добавят в базата данни. Kailing и др. го прилагат в САФД система, като са добавили правила и база от знания (експертна система) за проектиране на подходящ дизайн [8]. Boyle и Kevin са представили методология, наречена САFixD, в която е приложен СВР метода. Целта им е обхващането на пълния процес на проектиране на приспособления [3].

Много често се използват методи с размита логика. Тя е използвана от Martin и Lombard в техния метод, който определя подходящи системи за позициониране [11]. Те определят че размерите на основната плоча и материала за детайлите са главните критерии за една позиционираща система. При този метод правилата IF-THEN са използвани за определяне на критериите за позициониране. Zhang и Peng представиха система, комбинираща размита логика и логика, базирана на правила (RBR) [18]. Тяхната система е разделена на две подсистеми – подсистема, планираща установките и подсистема проектираща приспособленията.

Освен изброените методи съществуват и много други, както самостоятелни, така и свързани с широко използвани CAD, CAM и CAPP системи. Farhan представя своята САФД система за полуцилиндрични детайли, интегрирана в SolidWorks [5]. Vabu и сътрудници представят автоматизирана система за проектиране на модулни приспособления, използваща AutoCAD платформа и програмата AutoLISP [1]. Този подход се основава на 2D чертежи. Ma и др. разработват система, наречена FIX-DES, разработена с помощта на C и C++ програми и специфична CAD среда [10]. Kong и др. представят база данни от стандартизирани елементи и САФД система на базата на AutoCAD, VC++ и AutoLISP [9].

В тази статия се представя модул за автоматизирано базиране на детайли, използващ правила и интегриран в SolidWorks. Той

е създаден като приложение тип „add-in“ в средата на Visual Studio на езика VB.NET и е интегриран в SolidWorks чрез неговия API. Целта на този модул е улесняване проектирането на модулни приспособления, като е фокусиран единствено върху базирането на детайлите. С негова помощ се намалява времето за проектиране и се позволява лесна промяна на установката при незадоволителен резултат.

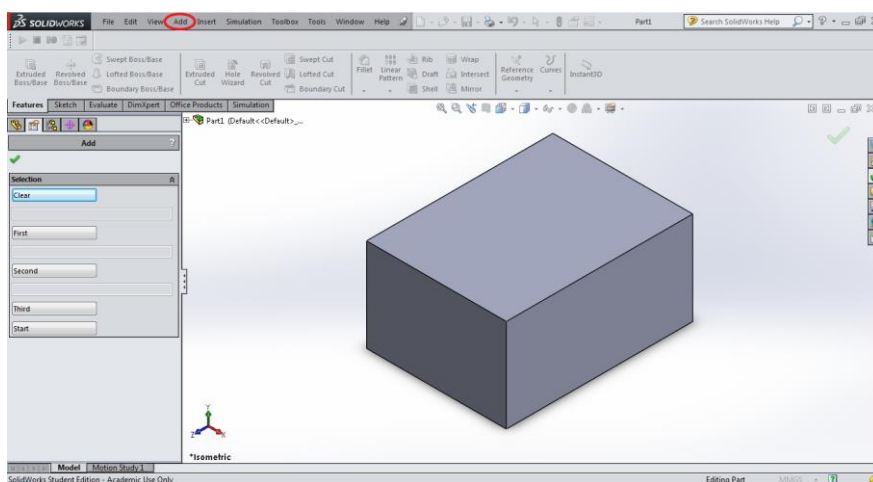
4. Работа с модула за базиране.

SolidWorks е една от CAD системите поддържащи интерфейс за програмиране на приложения (API), който позволява автоматизирането на множество проектантски дейности, както на единични детайли, така и на сглобени единици. Това се извършва чрез създаване на код от потребителя на някой от поддържаните програмни езици (C++, C#, Visual Basic и др.). С помощта на API и езика Visual Basic .NET е създадено модул, интегриран в SolidWorks, позволяващ автоматизиране процеса на базиране на призматични и цилиндрични детайли. Базирането е по един от три метода – 3-2-1, по равнинна

повърхнина и два отвора или по цилиндрична повърхнина, с което модула има по-широко приложение от други системи, фокусиращи се върху един метод или върху един вид детайли. Автоматизирането не е пълно, тъй като в началото се изисква потребителя да избере ръчно базиращите повърхнини.

При отворен детайл тип „PART“ приложението се стартира от съответния бутон в Toolbar менюто. Стартира се страница в левия край на екрана (Property Manager Page), с помощта на която се извършва избора на повърхнини. Тя съдържа (фиг.3):

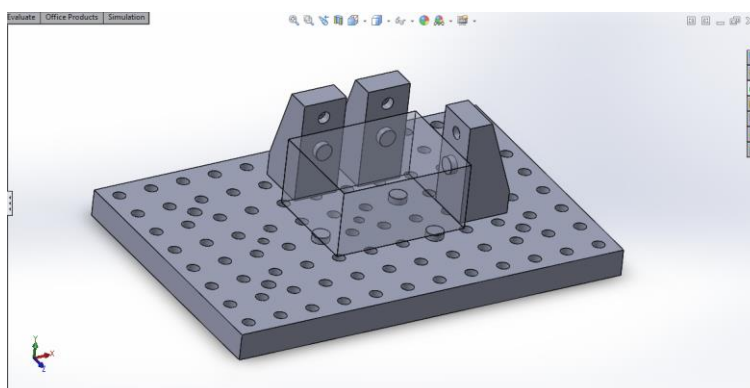
- бутон за изчистване на избраните повърхнини – изтрива зададените имена и допълнително създадени равнини, за да позволи нов избор;
- 3 бутона за избор на повърхнини – потребителя избира повърхнина и натиска съответния бутон, за да потвърди избора си и да провери дали повърхнината не е вече избрана за база;
- 3 полета за избор на повърхнини – текстови полета в които се потвърждава избора на потребителя или се съобщава, че избраната повърхнина е заета или неподходяща;
- бутон START – за стартиране автоматизираната дейност на приложението.



Фиг.3. Детайл със стартирано приложение.

Когато потребителят избере бутон програмата проверява кой той е, като използва правила, изпълнява съответното действие. Ако избраният бутон е „First“ се използват правила, за да се определи дали избраната повърхнина е равнинна плътна, равнинна с отвори или цилиндрична. Ако бутонът е “Second” или “Third” с правила се проверява дали избраната повърхнина е равнинна и перпендикулярна с първата (и втората). Когато потребителят избере бутон “Start”, програмата използва правила, за да избере вида на базирането на база на вида и броя на избраните повърхнини. След това с помощта на функции, предоставени от API, се определят размерите им и положението на базиращите елементи. Позициите на палците и щифтовете се определят от приложението според размерите на

детайла, разположението на отворите и схемата на разпределение на отвори върху плочата. В този смисъл минималното разстояние между два палеца/щифта за използваната базова плоча е 50 mm във всяка посока, което налага ограничение върху минималните размери на детайлите и разстоянието между осите на отворите. Програмата приключва работа като създава нов файл тип „ASSEMBLY“, в който разполага базова плоча, базиращи елементи, съответстващи на вида базиране (базиращи палци, щифтове, V-блокове) и детайла (фиг.4). Моделът остава активен за по-нататъшни действия от страна на потребителя.



Фиг.4. Сглобено приспособление с детайл.

Използваните правила са от вида IF-THEN-ELSE с множество аргументи и включени правила в правилата. Всички те са част от кода на програмата.

Пример за такива правила е при избора на първата повърхнина:

АКО избраната повърхнина е равнинна ТОГАВА

АКО повърхнината е пълтна ТОГАВА

Активира се бутон „Second“ за избор на втора повърхнина

ИНАЧЕ АКО повърхнината има два отвора ТОГАВА

Активира се бутон „Second“ за избор на втора повърхнина и бутон “Start” за създаване на сглобена единица.

ИНАЧЕ АКО повърхнината е цилиндрична ТОГАВА

Активира се бутон “Start” за създаване на сглобена единица.

Като се позволи избор на втора повърхнина при избрана първа равнинна с два отвора се дава избор на потребителя дали детайлът да се базира по метод 3-2-1 или по равнинна повърхнина и два отвора. Така потребителя може да сравни визуално двата метода за един и същи детайл, без да се налага да променя модела като премахва отворите.

5. Изводи.

Представен е модул за автоматизиране на процеса за базиране на призматични и цилиндрични детайли в средата на SolidWorks. То е написано на езика VB.NET и използва възможностите на вграденият интерфейс за приложения (API). С негова помощ се съкращава времето за определяне позициите на базиращите елементи и за сглобяване на приспособлението за базиране на детайла. Той позволява сравняването на различни варианти за базиране – по различни повърхнини или по различни методи (3-2-1 или по два отвора и равнинна повърхнина). Модулът е в процес на развитие за по-сложни детайли (напр. базиране по стъпаловидна повърхнина). Той е част от автоматизирана CAFD система, разделена на модули – за базиране, за затягане, за верификация.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Babu B. S., P. M. Valli, A. V. V. Kumar, and D. Rao, "Automatic modular fixture generation in computer aided process planning systems," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, pp. 1147-1152, 2005.
- [2] Bi ZM, Zhang WJ. Flexible fixture design and automation: review, issues, and future directions. *Int J Prod Res* 2001;39(13):2867-94.
- [3] Boyle I. M., Kevin R., Brown D. C., "CAFixD: A Case-Based Reasoning Fixture Design Method. Framework and Indexing Mechanisms," DETC '04 ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Salt Lake, Utah USA, 2004, 1-9.
- [4] Boyle I., Rong Y., Brown D. C. A review and analysis of current computer-aided fixture design approaches. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 2011; 27:1-12.
- [5] Farhan U. H., "An Integrated Computer-Aided Modular Fixture Design System for Machining Semi-Circular Parts", School of Engineering, Edith Cowan University, 2013.
- [6] Farhan U. H. An Integrated Computer-Aided Modular Fixture Design System for Machining Semi-Circular Parts. 2013.
- [7] Hoffman, E. G. "Jig and Fixture Design", 3rd Ed., Delmar, New York, 1991.
- [8] Kailing L., Ran L., Guiheng B., Peng Z., "Development of an intelligent jig and fixture design system," 7th

International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, 2006, 1-5.

- [9] Kong X., Yangyi, J. Zhou, C. Gou, H. Zhang, and W. Zhao, "Research and development of the software on computer aided fixtures designing," *IEEE*, pp. 1233-1236, 2009.
- [10] Ma W., Z. Lei, and Y. Rong, "FIX-DES: A computer - aided modular fixture configuration design system," *Advanced manufacturing technology*, vol. 14, pp. 21-32, 1998.
- [11] Martin P., Lombard M., "Modelling knowledge related to the allocation of modular jigs for part fixturing using fuzzy reasoning," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 28, pp. 527-531, 2006.
- [12] Nee A. Y. C., Kumar A. S., "A Framework for an Object/Rule-Based Automated Fixture Design System," *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, vol. 40, pp. 147-151, 1991.
- [13] Nnaji B. O., Alladin S., "E-CAFFS: An expert computer-aided flexible fixturing system," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 18, pp. 297-311, 1990.
- [14] Peng G., Chen G., Wu C., Xin H., Jiang Y. Applying RBR and CBR to develop a VR based integrated system for machining fixture design. *Expert Systems with Applications* 2011; 38: 26-38.
- [15] Rong, Y., J. Ni, S. M. Wu, "An Improved Model Structure for Forecasting Compensary Control of Machine Tool Errors", *Sensors and Control for Manufacturing*, ASME PED Vol. 33, pp. 175-181, 1988.
- [16] Vallapuzha S, De Meter EC, Choudhuri S, Khetan RP. An investigation into the use of spatial coordinates for the genetic algorithm based solution of the fixture layout optimization problem. *Int J Mach Tool Manuf* 2002;42:265-75.
- [17] Vukelic D., Hodolic J. Computer aided fixtures design. University of Novi Sad. Faculty of Technical Sciences. 47-th anniversary of the faculty. 2007: 21-26
- [18] Zhang Y., Peng G., "Development of an integrated system for setup planning and fixture design in CAPP," International conference on advanced intelligent mechatronics, Monterey, California, USA, 2005, pp. 1401-1406.
- [19] Zhu Y., S. Zang, "Modular Fixturing Systems: Theory and Application", Machinery Press, Beijing.