

ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА ОРИЕНТИРАНЕ НА ПЛАСТМАСОВИ КАПАЧКИ

Пенко Митев
Технически Университет София
Филиал Пловдив
Пловдив, България
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Резюме: Този доклад е посветен на процеса по конструиране, проектиране, изработка и внедряване на система за ориентиране на неметални посредством вибробункер. Разгледани са предизвикателствата на ориентирането, направен е анализ на пригодността на детайла за автоматично ориентиране.

Ключови думи: система за ориентиране, вибробункер, капачки

I. ВЪВЕДЕНИЕ

На фиг. 1 е показан детайлът, обект на настоящия доклад. Изработен е от пластмаса, и попада в обхвата на полимерните изделия, за които има редица изисквания към качеството поради технология на производство - шприцване [1,2].

Детайлът има множество вътрешни асиметрични характеристики, които умишлено не са показани на чертежа, за да служи той за обща представа и информация за габаритните размери.



Фиг. 1. Капачка

Първоначална практическа оценка показва, че детайлът е средно сложен и все пак може да се ориентира автоматично. Могат да се използват стандартни техники за автоматични ориентиране за капачки [3,5].

Детайлът представлява дюза за спрей и се използва в медицинската техника. Това изисква по-задълбочен предварителен анализ, изследвания и подготовка. Необходимо е в проектната документация да се заложи изпълнение на устройството за ориентиране от материал неръждаема стомана AISI 316 / AISI 316L за всички повърхнини, които са в контакт с детайла.

Необходимо е да се направят предварителни изчисления за необходимия брой детайли, които да работят с едно зареждане на ориентиращото устройство.

Оптималното количество е предпоставка за правилна работа. Препълването води до влошаване на производителността и до редица проблеми по отношение правилната работа на ориентиращите елементи.

Обикновено те са настроени така, че да пропускат определено количество детайли, които преминават през тях, но дистанцирани, един след друг. Събирането на множество детайли един до друг е предпоставка за задръствания и спиране на системата. Тези ефекти влияят пряко върху общата надеждност на системата.

II. ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТТА НА ДЕТАЙЛА ЗА АВТОМАТИЧНО ОРИЕНТИРАНЕ

За оценка на степента на пригодност на детайлите за автоматично ориентиране е използвана методиката за количествена оценка на технологичността на конструкцията, разработена в катедра "Автоматизация на дискретното производство". Получените резултати от прилагане на метода са показани в Таблица 1.

ТАБЛИЦА 1 ПРИГОДНОСТ НА ДЕТАЙЛА ЗА АВТ. ОРИЕНТИРАНЕ

Степен N	Характеристика	Код
Степен I	Изместен център на тежестта, неметални	3 000 000
Степен II	Свързващи се по механичен път	600 000
Степен III	Прътови, немагнитни	20 000
Степен IV	Две и повече манипулационни бази, разположени симетрично	3 000
Степен V	Две равнини на симетрия	500
Степен VI	С централен гладък проходен отвор	20
Степен VII	Без допълнителни признаци	0
Кодов номер на детайла		3 623 320

Общата сума от показателите е равна на 19, което оценя автоматизацията от средна сложност. Необходимо е да се разработи системата за ориентиране и да се извърши експериментална проверка.

Основните практически проблеми, върху които трябва да се работи са в две направления: постигане на нужната производителност и достатъчна надеждност на съоръжението.

По отношение на производителността, тя зависи пряко от броя устойчиви състояния, както и от свойството на детайлите да се заплитат или да влизат един в друг.

Качеството на детайлите е от първостепенно значение и всякакви отклонения свързани с процеса на шприцване задължително ще доведат до проблеми с производителността [1], спирания на системата, задръстване и обща нужда от намеса на обслужващ персонал. Така се губи автономността на системата.

Надеждността, от гледна точка на анализа отново се свежда до качеството на детайлите. В случай на прекалено значителни отклонения от предвидените толеранси, проектираните ориентиращи елементи на системата ще доведат до заклиняване на детайлите и спирания свързани с това. За да се изгради една надеждна система, на първо място трябва да се оцени въпросът отново с качеството на детайлите. Ориентиращите елементи трябва да са надеждно проектирани и изследвани при различни параметри и настройки на механичната система на вибробункера. В Таблица 2 са показани резултатите от приложена система за кодиране на детайла по различни признаци, като за всеки признак се получава цифрова или буквена стойност. Съвкупността от всички знаци генерира уникалният код на детайла спрямо системата.

ТАБЛИЦА 2 ОЦЕНКА НА ДЕТАЙЛА ПО СИСТЕМА ЗА КОДИРАНЕ

№	Параметър	Стойност	Означение
1	Форма	Конусна	2
2	Разположение	Несиметрични	3
3	Материал	Пластмаса	P
4	Маса	Леки	2
5	Брой УС	Брой УС	2
6	Цвят	Едноцветни	M
7	Доп. геометр. характеристики	Наличие на отвори	2
8	Контролни маркери	Без доп. информация	3
9	Категория детайли	Капачки	5
10	Индустрия	Медицина	1
11	Сложност на ориентирането	Средни	2
12	Конструктивни мерки във връзка с ориентирането	Без конструктивни мерки спомагащи ориентирането	1
13	Склонност да се заплитат	Заплитащи се	2
14	Външен дизайн	Неотговорни	1
15	Влияние на електростатика	Нормално влияние	2
Кодов номер на детайла: 2 3 P 2 2 M 2 3 5 1 2 1 2 2			

III. ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМАТА

Системата е базирана върху вибroadвижване Ф400 mm с посока „обратно на часовниковата стрелка” (ОЧС) и конусна чиния Ф550 mm, изработена от неръждаема стомана.

Детайлите са неметални, което означава, че не се очаква прекалено голяма разлика в масата при пълно зареждане с капачки и когато вибробункерът се изпразни и е необходимо ново зареждане.



Фиг. 2. Чаша на вибробункера

Чашата на вибробункера е показана на фиг.2. Първата стъпка е да се проектират ориентиращи елементи, които да осигуряват правилната ориентация на детайлите. Търсената производителност е 30 [детайла / min]. Първият ориентиращ елемент е показан на фиг. 3.



Фиг. 3. Първи ориентиращ елемент

Оформен е като дъга, която кара детайлите да се разделят като понякога това премахва свързали се по механичен път съгласен Степен II детайли [3].

Следващият ориентиращ елемент е група от освобождения (изрязвания в пътя), които целят да премахнат детайлите, които не се движат на дъното си. Това е стандартен подход при ориентиране на капачки.

След това следва ориентиращ елемент от тип „пластина”, който е повдигнат нагоре. Това е входната точка към участък с по-прецизно водене, в който детайлът е ограничен.

На участъка от фиг.4 детайлите се движат с по-прецизно водене, ограничени са от няколко страни. Целта е на имат по-строга дефинирано положение преди да достигнат изхода. Въпреки този подход, на по-късен етап, в експерименталното изследване е установено, че това не е достатъчно и има един финален ориентиращ елемент от тип „пневматични дюзи”, показани на фиг. 5.



Фиг. 4. Участък с по-прецизно водене



Фиг. 5. Пневматични дюзи

Тези дюзи отговарят за извеждането на все пак достигнали по неправилен начин капачки и тяхното връщане в основата на чашата, за да не попаднат във външния път.

Финалният етап е да се оформи външен път (външна периферия), по която капачките да се придвижат и да се транспортират към следващо устройство [4,5]. Пътят е изграден от цилиндрични неръждаеми профили, които са заварени на специално конструирани държачи, с оформени в тях гнезда, на които лягат цилиндричните водачи.



Фиг. 6. Оформяне на изход на вибробункера

При така реализираната система има изискване за постоянно пневматично захранване. То трябва да бъде постоянно, регулирано и гарантирано, защото дюзите се явяват ориентиращ елемент. Вибробункерът не трябва да работи без те да са включени. Стандартните пневмо-подготвящи групи предоставят различни модули, които могат да обезпечат правилната работа на системата. При такъв тип проекти задължителни елементи са ръчен кран, вентил ВКЛ/ИЗКЛ (ако е инсталиран програмируем контролер), сензор за наличие на налягане. Използването на тези компоненти гарантира висока надеждност на автоматизацията.

Друг важен фактор при интегрирането на вибробункери са възможностите за точна настройка на позицията. В реализацията на системата, обект на настоящия доклад, са налице гумени тампони, които предотвратяват предаването на вибрациите към други устройства, които участват в проекта. Те са закрепени към алуминиева плоча, в която са изработени проходни отвори, които се навиват във вътрешната резба на тампоните. Посредством винтове с външен шестостен е реализирана възможност за настройка по височина спрямо втора плоча, което позволява прецизно регулиране след като системата се инсталира финално. Това е важна възможност, защото в практиката винаги се откриват разлики спрямо предварителните преценки и CAD проекти. Такъв тип грешки и неточности се отстраняват с възможности за регулация. Важен фактор е да не се преминава границата на разумното, т.е. да не се предоставят прекалено големи възможности за регулация, защото наблюдението върху различни проекти показва, че много често възможностите за регулиране се използват погрешно от специалистите по поддръжка при инвеститорите. Много често се практикува и подходът „проба-грешка“, без да се прави анализ за причинно-следствените връзки.

Етапът на проектиране и изработка на системата включва и преценки за надеждността на системата и нейната устойчивост срещу бъдещите ѝ оператори. Използването, например, на тънки медни тръбички за дюзи в редица случаи не е добро решение поради това, че се огъват лесно. Това позволява на всеки оператор, който се опитва да почисти дадено задръстване, да размести дюзата и да лиши вибробункера от един от ориентиращите му елементи.

IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ

Получената производителност е около 21 [детайла / min]. Това надвишава текущия процес, който е с производителност 5 капачки/мин. [6]. Резултатите са представени в Таблица 3.

ТАБЛИЦА 3 РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА

Опит №	Брой ориентиращи детайли
1	20
2	20
3	24
4	21
5	20
Средно: 21 [бр. / min]	

Един от основните критерии за правилната работа на едно съоръжение, което включва вибробункер е производителността, която то постига. Основният критерий е това, в комбинация с правилната ориентация и отсъствието на грешки. Не е налице 100% безпроблемно ориентиране, защото то зависи основно и от качеството на детайлите. Изследването на производителността е препоръчително да се прави при различно времетраене, както и при различни режими. Основните фактори, с които може да се експериментира:

- Количество на заредените детайли в чашата;
- Скорост на движение [mm/sec] на детайлите (амплитуда), в следствие от регулиране на подаваното напрежение [V];

ТАБЛИЦА 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЛИНЕЙНАТА СКОРОСТ

U [V]	Скорост на движение [mm/sec]	Резултат
50	20	Ниска скорост, отсъства производителност
80	25	Ниска скорост, отсъства производителност
120	40	Оптимална производителност
150	60	Ниска производителност поради високата амплитуда, детайлите падат
200	-	Ниска производителност поради високата амплитуда, детайлите падат
Средно: 21 бр / мин		

Реализиран е друг опит със системата, при който е изменено подаваното напрежение и е измерена линейната скорост на движение на детайлите във вибробункера. Резултатите са представени в Таблица 3. От тях е видно, че връзката между напрежение и скорост на движение е почти линейна, но не трябва да се пренебрегва резултатната амплитуда и поведението на конкретните детайли. Много често срещата грешка е, че увеличаването на амплитудата неминуемо води до повишаване на производителността. Това е невярно твърдение и води до влошаване работата на вибробункерите.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подходите при проектирането на посочената система са универсално приложими за други типове детайли, които трябва да се ориентират автоматично [7,8].

Правилният избор на устройство, подходи, конструкция на ориентиращи елементи изисква опит в различни проекти за ориентиране.

Ориентирането, въпреки наличието на CAD системи, все още е до голяма степен граничещо с изкуство. Процесът на разработка на такива устройства е базиран на много опити, оптимизации, което е времеемко. Динамичните симулации в CAD/CAE среда са ограничени и не могат да бъдат напълно надежден подход за предварително конструиране на 100% на едно такова устройство.

Когато се използват ориентиращи елементи от тип пневматични дюзи е важно да се осигури достатъчен дебит и да се контролира, че към дюзите наистина се подава пневматично захранване, защото в противен случай ориентиращото устройство се лишава от част от функционалността си.

Увеличаването на напрежението (амплитудата) не води непременно до повишаване на производителността. При всяка система има различни оптимални настройки, които трябва да се открият посредством експерименти.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторът изказва благодарност на фирма КМС ИНЖЕНЕРИНГ ООД за предоставената техническа и логистична подкрепа.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mitev V., I. Malakov; Analysis of the quality of polymer parts for automatic assembly. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060012. <https://doi.org/10.1063/5.0195873>
- [2] Mitev P., I. Malakov; Development of a system for automatic feeding and orientation of cylindrical parts. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060017. <https://doi.org/10.1063/5.0195879>
- [3] Boothroyd G., Assembly Automation and Product Design ISBN 1-57444-643-6
- [4] Hesse S., Rationalisation of small workpiece feeding. Orientating, sorting, checking and feeding. 2000 by Festo AG & Co
- [5] Boothroyd G., C.R. Poli, L.E Murch (1978) Handbook of Feeding and Orienting Techniques for small parts
- [6] D. Totev, R. Dimitrova, S. Dimitrov; Main steps in the process of upgrade of existing systems for automation and control of industrial and manufacturing processes in order to fulfill the requirements of the concept "industry 4.0". AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060007. <https://doi.org/10.1063/5.0195885>
- [7] Malakov, I., V. Zaharinov. Choosing an Optimal Size Range of the Product "Pipe Clamp". (Book Chapter). In: Matoušek R., Kúdela J. (eds) Recent Advances in Soft Computing and Cybernetics., ISSN: 14349922, Springer, Cham., Volume 403, 2021, Pages 197-213, DOI: 10.1007/978-3-030-61659-5_17
- [8] Malakov I., V. Zaharinov. Interactive Software System for Multicriteria Choosing of the Structural Variant of Complex Technical Systems. Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium, ISBN 978-3-901509-91-9, ISSN 2304-1382, Editor B[ranko] Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria 2012, pp. 0199-0204.



DEVELOPMENT OF A FEEDING SYSTEM FOR PLASTIC CAPS

Penko Mitev
Technical University of Sofia
branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria
penkomitev@tu-plovdiv.bg

Abstract: This paper is dedicated to the process of design, calculations, production and integration of a feeding system for plastic caps using a vibratory bowl feeder. Reviewed are the challenges related to the orientation, also made is an analysis of the suitability of the parts for automatic feeding.

Key words: feeding system, vibratory bowl feeder, caps