

COMPUTER MODELLING OF TWIST DRILL SHAPENED AT CONICAL – HELICAL SURFACE

КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ НА ВИНТОВИ СВРЕДЛЪА ЗАТОЧЕНИ ПО КОНУСНО-ВИНТОВА ПОВЪРХНИНА

Assoc.Prof. PhD. Nikolcheva G., Assis.Prof. Likov I., Stoyanov K.
Faculty of MTF– Technical University Sofia, Bulgaria

Abstract: The present article is developed a method for computer modeling of helical drills sharpened to conical-helical surface. The proposed method of sharpening differs from the known manner of orientation of the drill to the axis of the virtual cone. The lateral displacement of the drill is replaced by a rotation of its axis of a certain angle. Furthermore, sharpening is achieved by rotary movement of the drill around the axis of the cone and consistent movement in the direction of this axis. Computer modeling is done with 3D graphic designer using obtained relationship for the parameters under which the device is set in sharpening drills with different diameters established in the prism. Generated by this method drill will be used in subsequent research on the finite element method to study the effect of sharpening drills under the proposed methodology.

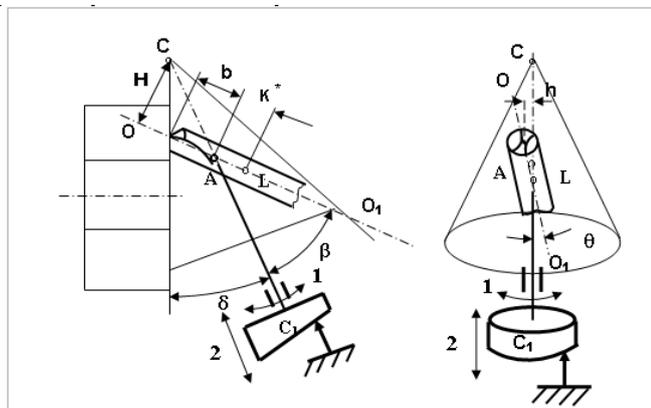
Keywords: 3D CAD MODELS, TWIST DRILLS, CONICAL-HELICAL SURFACE

1. Въведение

Свредлата са най-използваните инструменти за пробиване на отвори. Те се заточват най-често по задната повърхнина, като тя е част от конусна или винтова повърхнина [5]. При това заточване се получават геометричните параметри, дефиниращи режещата им част: задния ъгъл α , главния установъчен ъгъл κ_r , ъгъла на наклона на напречния режещ ръб ψ и предния ъгъл на напречния режещ ръб γ_H . Свредлата обикновено се презаточват върху универсални заточни машини и приспособления за заточване по конусна повърхнина, които са с по-проста конструкция и улеснено настройване и експлоатация [5].

Като недостатък на този метод може да се отбележи, че заточените свредла се получават с по-големи ъгли на наклона на напречният режещ ръб ψ от препоръчителните ($52 - 58^\circ$) и недостатъчно увеличаване на задния ъгъл α по направление на главния режещ ръб. При заточване на свредла с различни диаметри се извършва настройване на устройството с изменение на два параметъра – изместване по оста b и странично изместване h . Освен това, страничното изместване h трябва да се реализира със сравнително висока точност, което усложнява конструкцията на приспособлението.

В [1,2,4.] беше предложен метод за опростяване на конструкцията и настройването на устройството, при който страничното изместване е заменено със завъртане на свредлото на определен ъгъл. Недостатъците на конусното заточване обаче се запазват.



Фиг.1 Схема за заточване на винтово свредло по конусно-винтова повърхнина

С настоящата работа се предлага усъвършенстване на метода, като се добавя допълнително движение на свредлото по направление на оста на конуса. На фиг.1 е представена схемата за заточване по конусно-винтова повърхнина. Заточването се осъществява с възвратно въртливо движение (1) около оста на люлката CC_1 . От контакта на челна гърбица с неподвижен упор, свредлото получава съгласувано праволинейно движение (2). Заточваната задна повърхнина ще се получи като част от конусно-винтова повърхнина. За да се получи необходимото положение на върха на свредлото на разстояние h , то е завъртяно на ъгъл θ около т.L.

Заточването свредло се установява в приспособлението, като ориентирането му се определя от ъглите δ и β , които са заложи в конструкцията му. Ъгълът δ е между оста на люлката CC_1 и челото на абразивния диск и се явява ъгъл на конуса, а ъгълът β е между осите на свредлото OO_1 и люлката CC_1 . По този начин свредлото се заточва с главен установъчен ъгъл $\kappa_r = \delta + \beta$. За да се заточват свредла с различни диаметри, с гарантиране на подходящите геометрични параметри е необходимо предварително настройване на приспособлението.

С цел да се опрости конструкцията, настройването и експлоатацията на устройството (процеса на заточване), в [2] е разработена нова конструкция на приспособление. При съществуващите устройства свредлото се измества странично на разстояние h , в равнина успоредна на оста на конуса. В новата конструкция това разстояние се постига в резултат на завъртане на оста на свредлото в т.L на определен ъгъл θ . Изведени са и зависимости за големината на ъгъла θ и разположението на т.L, при които заточването свредло се получава с оптимални геометрични параметри. Настройването на приспособлението се извършва с изместване на върха на свредлото само на размер b , при което се получава подходящото изместване h . С помощта на гърбицата се осигурява допълнителното движение (2), профилът на която може да бъде изработен по различен начин, например като част от винтова повърхнина. С изменение на хода на тази повърхнина ще може да се променят геометричните параметри на режещата част на свредлото.

2. Компютърно моделиране на свредла

През годините, за изследване геометрията на свредлата, както и на самия процес, изследователите използваха различни математически подходи [3,5]. При тях за описване на зависимостите се използват сложни параметрични уравнения [3], а изследванията се осъществяват експериментално, като се правят многобройни опити при които се отчитат различни

фактори [2,9,10]. За разработването на точни математически модели на свредловете както и за тяхното оценяване е необходимо много време и многобройни експерименти. В много от тези работи се включват разнообразни ограничения, поради фактът, че те се базират на 2D стратегии и геометрията на инструментите се дефинира като се използват принципите на проекционната геометрия [9,12,13]. В последните години се увеличи използването на съвременни CAD системи, които позволяват да се развият нови CAD инструменти за моделиране, симулиране и оптимизиране на процесите (свредловане, фрезование и др.) Този нов подход предполага разработването на приложен интерфейс към потребителските CAD системи. Тези стратегии разкриват големите възможности за моделиране на процесите както и увеличават гъвкавостта на софтуерната среда на съвременните CAD системи при подобни приложения [6]. За тяхното прилагане е необходимо да бъдат създадени 3D модели на съответните инструменти [6, 8, 14,15,16].

Предлаганата работа се базира на концепцията за използване на модерни CAD системи, позволяващи разработването на компютърно базирани инструменти за симулации на обработването и оптимизации. Целта на работата е да се разработят 3D модели на свредла, заточвани по конусно-винтова повърхнина, като те се сравняват със заточените по предложената в [4,11] схема на заточване. Тези модели ще бъдат използвани за изследване и оптимизиране както на процеса на заточване, така и на процеса на свредловане с тези инструменти.

При създаването на 3D модел на свредло е необходимо да се дефинират координатните системи на свредлото и на заточващия инструмент. В статията ще бъде разгледано установяването на свредлото и шлифовъчния диск за заточване по предлаганата методика. На фиг. 2 са показани координатните системи свързани със свредлото и с конуса. Зависимостите на свързване на координатните системи подробно са изведени и обяснени в [1].

Параметрите на заточване са:

b - разстоянието от точката А на пресичане на оста на свредлото и оста на конуса до върха на свредлото;

$a = AC$ – разстоянието от върхът на конуса до т. А;

$k^* = AL$ - разстоянието от точка А до точка L;

h – разстоянието от върхът на свредлото до оста на конуса;

δ - ъгълът на конуса;

β - ъгълът между осите на свредлото и конуса;

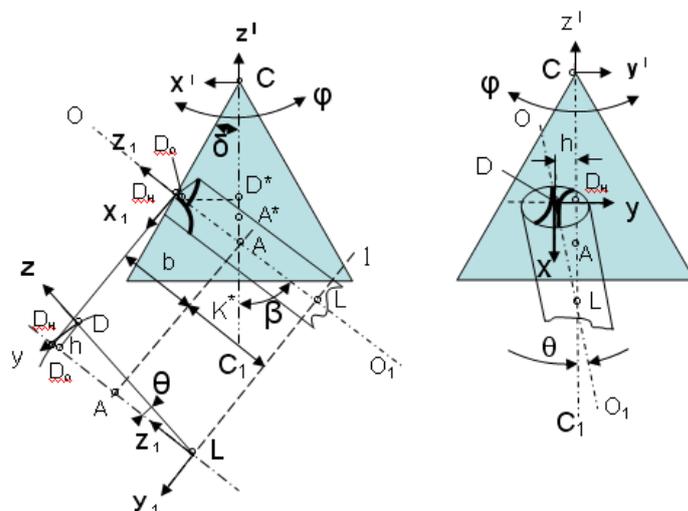
θ - ъгълът на завъртане на свредлото около т. L;

φ – ъгълът на завъртане на свредлото около ос CC_1 ;

P –ход на винтовата линия.

Тези параметри се задават и/или се изчисляват предварително за получаване на подходящи ъгли на режещата част.

За създаването на 3D модел на свредло заточено, по конусно-винтова повърхнина е необходимо да се дефинират координатните системи на свредлото и на заточващия инструмент, които са показани на фиг.2. Трансформацията на координатните системи е описана в [1]. При новата схема за завъртане на ъгъл φ около оста CC_1 , свредлото получава преместване по направление на тази ос, при което т. А се транслира в т. A^* .



Фиг.2 Схема на координатните системи при заточване на свредло по конусно-винтова повърхнина

Ако второто движение се реализира посредством гърбица с винтова повърхнина, то:

$$AA^* = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot P, \text{ където}$$

φ , grad е ъгълът на завъртане около оста;

P , mm е ходът на винтовата повърхнина.

Тогава за разстоянието A^*C се получава:

$$A^*C = a^* = a - \frac{\varphi}{2\pi} \cdot P$$

$$a = c \cos \beta + \sqrt{h^2 + c^2 \sin^2 \beta} \operatorname{ctg} \delta$$

$$a^* = c \cos \beta + \sqrt{h^2 + c^2 \sin^2 \beta} \operatorname{ctg} \delta - \frac{\varphi}{2\pi} \cdot P$$

$$\text{където } c = (b + k^*) \cos \theta - k^*$$

След извършване на трансформация координатната система на свредлото /с начало т. D/ последователно в точки L, А и С се получава, че координатите на върха С на шлифовъчния диск в координатната система на свредлото Dx_{yz} са:

$$\begin{aligned} x_d &= -a^* \sin \beta \\ y_d &= (k^* + a^* \cos \beta) \sin \theta \\ z_d &= (k^* + a^* \cos \beta) \cos \theta - (b + k^*). \end{aligned} \quad (1)$$

Описаното на фиг.2 заточване се отнася за лявото перо на свредлото. Координатите на диска за дясното перо са:

$$\begin{aligned} x_d &= a^* \sin \beta \\ y_d &= -(k^* + a^* \cos \beta) \sin \theta \\ z_d &= (k^* + a^* \cos \beta) \cos \theta - (b + k^*). \end{aligned} \quad (2)$$

За моделиране на свредлото е необходимо да се знаят координатите на върха С на абразивния конус в координатната система на свредлото Dx_{yz} . Образувачата на конуса е челото на шлифовъчния диск. Координатите на върха С на конуса са необходими за разполагането му спрямо работната повърхнина на диска и за извършване на булевите операции по изрязване на задната повърхнина и оформяне на режещата част на свредлото при генерирането на 3D модела на свредлото

Параметрите, с които се генерира свредло са два вида:

1. Геометрични - R_0 - радиус на свредлото, d_c - диаметър на сърцевината на свредлото, ω - винтов ъгъл на канала, κ_r - установъчен ъгъл на свредлото.

2. Технологични, които са свързани със заточването на свредлата, по описания метод - $b, h, k, \delta, \theta, \beta$ и P .

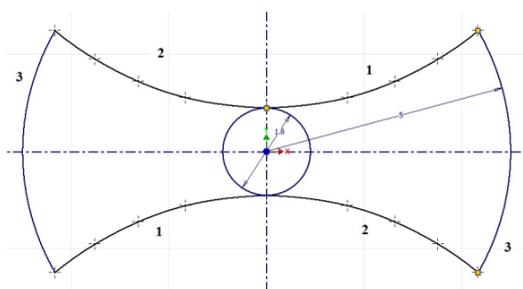
Друг важен елемент за правилното геометрично представяне на свредлото е формата на стружковия му винтов канал в сечение \perp на ос z . Galloway [7] първи е установил на какви условия трябва да отговаря профилът на винтовия канал, така че свредлото да има прави режещи ръбове при конвенционално заточване. Това условие е описано чрез полярното уравнение за ъгъла на контакт ν

$$\nu = \arcsin \left(\frac{d_c}{2r} \right) + \frac{\sqrt{r^2 - \left(\frac{d_c}{2} \right)^2}}{R_0} \operatorname{tg} \omega \operatorname{ctg} \kappa_r$$

където ,

- d_c - диаметър на сърцевината на свредлото;
- r - текущият радиус; r се променя от $\frac{d_c}{2}$ до R_0 ;
- R_0 - радиусът на свредлото;
- ω - винтовият ъгъл на канала;
- κ_r - установъчният ъгъл на свредлото.

С това уравнение се описва формата на работния участък на стружковия канал на свредлото (фиг.3, сектори 1). Неработната част от канала (сектори 2) се проектира като се изхожда от стабилността на инструмента и пространството за поместване на стружките. Тази част може да се оформи по дъга от окръжност [3]. За по лесно тя се прави със същата форма, както работните участъци. Контурът се затваря с дъги от окръжност (3).



Фиг.3 Сечение на стружковия канал

За да се превърне профилът на канала от 2D в 3D твърдо тяло, трябва да се зададе z компонентата на винтовата линия (за свредло с радиус R_0):

$$z_{\text{канал}} = \frac{\operatorname{tg} \omega}{R_0} z$$

Ходът на винтовата линия може да се изчисли от:

$$l_{\text{канал}} = \frac{2\pi R_0}{\operatorname{tg} \omega}$$

3. Алгоритъм за получаване геометрията на свредлото

Въз основа на изведените по-горе аналитични зависимости е представен алгоритъм за генериране на свредла чрез CAD

програма. Алгоритъмът за създаване на 3D модел на свредло следва последователността:

1. Въвеждане и изчисляване на необходимите параметри;
2. Изчертаване на напречното сечение на стружковия канал;
3. Създаване на твърдото винтово тяло на работната част ;
4. Разполагане и изчертаване на оста на конуса за заточване по винтова повърхнина;
5. Като се използва образуващата на конуса се задава движението и по винтова линия и чрез булевите операции – рязане се генерира задната повърхнина на свредлото;
6. Размножават се операциите за заточване на другото перо;
7. Изчертаване на калибровашите лентички;
8. Построяване на опашката.

4. Приложение на алгоритъма в Autodesk Inventor

За генерирането на 3D модел на свредлото се използва Autodesk Inventor. Autodesk Inventor позволява моделите да се записват в различни графични формати. Този продукт е интегриран с APIs (Application Programming Interface), които съдържа много функции от програмните езици Visual Basic и C++.

За генерирането на свредлата са необходими следните два вида параметри:

Геометрични: $R_0=5\text{mm}$, $d_c=1,8\text{mm}$, $\omega=30^\circ$, $2\kappa_r=118^\circ$

Технологични параметри, свързани със заточването на свредлото са: $b = 17,63\text{mm}$, $h = 1\text{ mm}$, $k^* = 10.48\text{mm}$, $\delta = 25^\circ$, $\beta = 34^\circ$, $\theta = 2,04^\circ$, $P = 16\text{mm}$.

На Фиг. 4. са представени резултатите, получени при изчисляване на координатите на поредица от точки M_i , по които се построява профилът на работните участъци 1.

Текущият радиус r_i се променя от $d_c/2$ до R_0 .

Тук ω и κ_r са в rad , а координатите на точките M_i са:

$$x_{M_i} = r_i \cos \nu$$

$$y_{M_i} = r_i \sin \nu$$

Формата на канала в напречно сечение за свредло с диаметър 10 мм (Фиг.3) се получава от работните участъци 1, като за удобство неработните участъци 2 са приети аналогични.

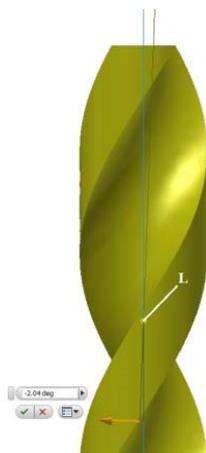
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Dc	Kappa_r	omega	R0		r				
2	59		30	5					r*SIN	r*COS
3	1.8	1.029744	0.523599	5		0.9		1.570796	0.9	0
4	1.8	1.029744	0.523599	5		2		0.590684	1.113859	1.661119
5	1.8	1.029744	0.523599	5		3		0.50325	1.446824	2.62806
6	1.8	1.029744	0.523599	5		4		0.497353	1.908402	3.515395
7	1.8	1.029744	0.523599	5		5		0.522227	2.494059	4.333552
8										
9	#/VALUE!									
10										
11										
12										
13										
14										

Фиг. 4. Изчисляване на координатите на точките, определящи формата на работния участък

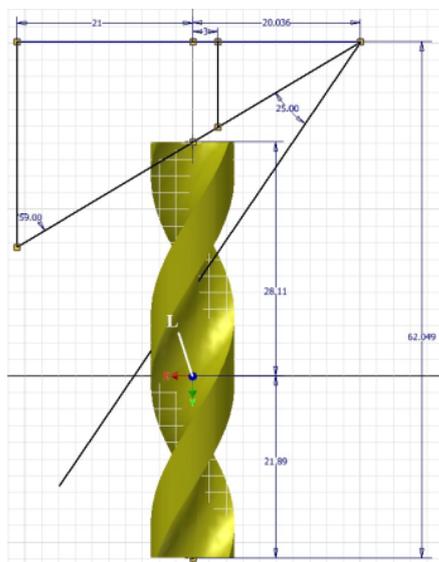
След като вече е създадено твърдото винтово тяло на свредлото се пристъпва към най-отговорната част от генерирането на 3D модела на свредлото - заточването му по задната повърхнина.

За генериране на задната повърхнина на свредлото е необходимо да се построи равнината, в която се осъществява заточването. Това е равнината на абразивния конус и тя се пресича с равнината на свредлото в т. L и е наклонена под ъгъл θ (фиг. 5). В равнината се построява върхът на конуса т.С с определените координати x_L, y_L, z_L , по (1), след което се построяват образуващата на конуса, която преминава през върха на свредлото и оста на конуса под ъгъл δ (фиг.6). С образуващата на конуса се построява хеликоидална крива с ход $P=16\text{mm}$, която се използва като път за изрязване чрез булеви операции на задната повърхнина на едното перо. След това се създава изходът на стружковия канал в края на работната част.

Извършва се размножаване на предходните две операции по окръжност на 180° за заточване на второто перо. Построява се калибровачната лентичка на едното перо, нейния изход и се извършва ново размножаване. Следва построяване на цилиндричната опашка. С това е построен 3D моделът на винтовото свредло заточено по конусно-винтова повърхнина (фиг.7).



Фиг.5 Разположение на равнината на конуса

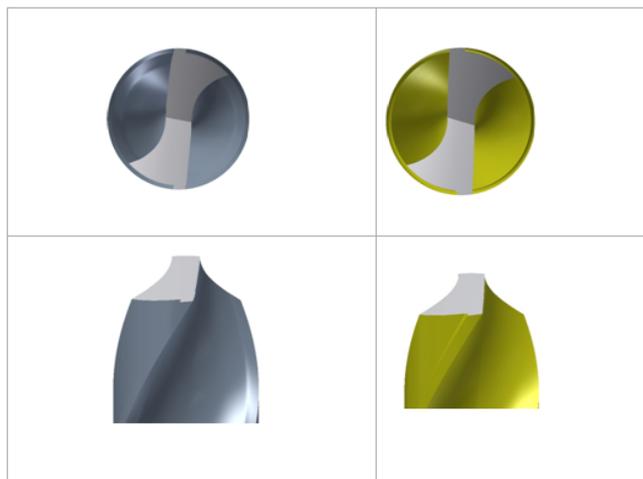


Фиг.6 Скица на рязане на задната повърхнина

На фиг.8 е представен 3D модел на режещата част на свредло, заточено по конусна повърхнина [11], а на фиг.9 – при заточване по конусно-винтова повърхнина. При предложената нова схема на заточване се получават увеличени задни ъгли α и намален ъгъл на наклона на напречния режещ ръб ψ , близък до оптималния.



Фиг. 7 3D модел на свредлото



Фиг. 8 Свредло, заточено по конусна повърхнина

Фиг. 9 Свредло, заточено конусно-винтова повърхнина

5.Изводи

В работата е разработен 3D модел на винтово свредло, заточвано с разработената нова конструкция на приспособление за заточване по конусно-винтова повърхнина. При новата схема на заточване се получават подобрени стойности на геометричните параметри α и ψ в сравнение със заточването по конусна повърхнина. Използването на тази обща методология на проектиране, позволява да се реализират по-сложни модели на свредла чрез поредица от заточни операции, като техните твърди модели могат лесно да бъдат създадени. Тези 3D модели осигуряват данните, които са необходими за редица следващи приложения като анализи по метода на крайните елементи, 3D сканиране на геометрията на инструмента и др. Разработените модели позволяват да се симулира процеса на свредловане с така заточените инструменти и да се изследват и оптимизират геометричните им параметри.

6. Благодарности

Тази статия е реализирана с финансовата подкрепа на ДОГОВОР № 121ПД0046-05, научен проект в помощ на докторанти при НИС на Технически университет - София

7.Литература:

1. Николчева Г., И. Ликов, Компютърно моделиране на винтови свредла, XXVI международна научна конференция 65 години Машино-технологичен факултет, 13-16 септември, 2010, Созопол, България.

2. Ликов И., Г.Николчева „Заточване на винтови свредла”, VIII международен конгрес МТМ’11, , 19-21.09, 2011 г.
3. Лашнев С.,М.Юликов, Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ, Машиностроение,1975.
4. Ликов И., Г.Николчева, Изследване възможностите за оптимизиране заточването на винтови свредла по конусна повърхнина, VII международен конгрес МТ’10, София, 27-29.05, 2010
- 5.Николчева Г., Режещи инструменти, Интерпрес, София,2008.
- 6.P.Kyratsis,N.Bilalis,A.Antoniadis, CAD based Predictive Models of the Undeformed Chip Geometry in Drilling, International Journal of Mechanical Systems Science and Engineering,1,3, pp.129-134, 2009.
7. D.Galloway, Some experiments on the influence of various factors on drill performance, ASME Trans.,vol.79,pp.191-231,1957.
8. Vijayaraghavan, Athulan, & Dornfeld, David. (2006). Automated Drill Modeling for Drilling Process, Simulation. UC Berkeley: Laboratory for Manufacturing and Sustainability. Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/15v2q84k>
- 9.E.J.A.Armarego, The unified-generalized mechanics of cutting approach- a step towards a house of predictive performance models for machining operations, Machining Science and Technology,vol.4,3,pp.319-362,2000.
10. K.F. Ehmann, S.G.Kapoor, R.E.DeVor, and I.Lazoglu, “Machinig Process Modeling:A Review”,Journal of Manufacturing Science and Engineering, vol.119, pp. 655-663.nov.1997.
- 11.Nikolcheva G., Likov I., Stoyanov K., Komputer Modelling of twist drill shapened at conical surface, 8 th international congres, “Machines, technologies, materials”, 19-21 september 2011, Varna,Bulgaria.
12. J.F. Hsieh, “Mathematical model for helical drill point” International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 45, pp. 967–977, Jan.2005.
13. . J.F. Hsieh, and P.D. Lin, “Drill point geometry of multi flute drills” International Journal of Advance Manufacturing Technology, vol. 26, pp. 466–476, 2005.
14. T.D.Marusich, S.Usui,J.Ma, and D.Stephenson, “Finite Element Modelling of Drilling Processes and Indexable Toolong inn Metals and Stack-ups” International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 45, pp. 421–431, 2005.
- 15.Vijayakumar Palani,Finite Element simulation of 3DDrilling in unidirectional CFRP Composite,2006,<http://soar.wichita.edu/dspace>
16. J.S.Strnkowski,C.C.Hsieh, and A.J.Shih, “An analytical finite element technique for predicting thrust force and torque in drilling” International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol.44,pp.1413-1421,2004.