

Конструктивни и технологични особености на ротационни ножици за разкрояване на тест ленти

доц. д-р, инж. Д.Н.Ралев, Технически университет-София

Резюме: В доклада са разгледани конструктивните и технологичните особености на ротационни ножици за рязане на тест ленти за глюкомер за измерване на кръвна захар. Въз основа на направен анализ на потреблението на тест ленти и предложени от възложителя размери на изходната заготовка са разработени и изработени две ротационни ножици – за предварително и окончателно разкрояване на тест лентите. Анализирани са факторите, влияещи на точността и работоспособността на машините. Направени са препоръки за определяне на геометричните параметри на ножовите глави и избор на лагери.

Ключови думи: тест ленти, ротационни ножици, ъгъл на рязане, геометрия, точност.

Ротационните ножици са предназначена за разкрояване на заготовки за рязане на тест ленти за измерване на кръвната захар.

Анализът на потреблението им в България показва значителен ръст през последните 10 години. През 2007 г. необходимостта от такива тест ленти за страната ни е било 75 000 000 броя. По прогнозни данни се очаква необходимостта от такива тест ленти да расте през следващите години.

До настоящия момент пазарът на тест ленти е обезпечен изцяло от внос. Правят се опити да се усвои производството на такива тест ленти и у нас. Единият от проблемите за такова производство е създаване на високопроизводителни машини за разкрояване на заготовките с тест ленти /фиг.2 и фиг.3/.

В една заготовка /фиг.1/ има 500 лентички, наредени в 10 реда по 50 броя на ред, които след разкрояването на заготовката трябва да бъдат поставени директно в контейнери /по 25 броя лентички/. Заготовката представлява пластмасова плоча /тип сандвич – с фина текстилна мрежа /с размери 340/340mm и дебелина 0,6 mm.

Голямото количество ленти /50броя/, разкроявани за един работен ход на работната маса на машината /фиг.3/ и изискването към габаритните им размери / $6 \pm 0,05\text{mm}$ / определя високи изисквания при изработване на ножовите глави на машините[2].

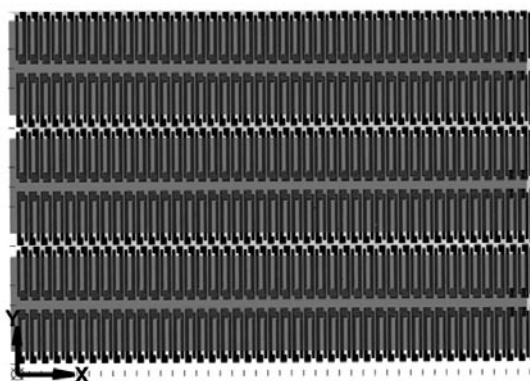
1. Устройство и начин на работа с ротационната ножица за надлъжно разкрояване на заготовката/фиг.2/.

Ротационната ножица за надлъжно разкрояване на заготовката /по ос X/ се състои от кутиеобразен стоманен корпус поз.1 с монтирани в него ножови глави поз.2 с по 11 ротационни ножа, шейна поз.3, за транспортиране на заготовката до зоната на рязане, задвижване, състоящо се от електродвигател поз. 4 и редуктор поз. 5, свързващ валовете на ножовите глави, за предаване на въртеливо движение.

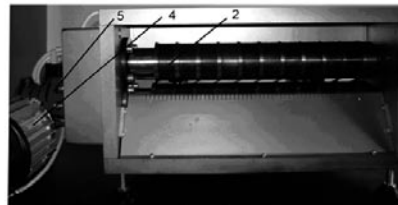
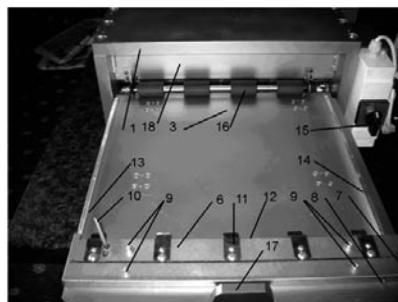
Върху шейната поз. 3 е монтирана маса поз.6 за базиране на заготовката. Масата е снабдена с механизми за микропреместване – напречно на направляващите – поз.7 и ъглово завъртане – поз.8. Базовата повърхнина поз.12 на масата е настроена на успоредност спрямо обвиващата повърхнина на ротационните ножове и е застопорена с болтове поз.9.

Ножовите глави са изработени така, че да опират плътно един в друг и да обезпечават широчина на отрязаната лентичка $6+0,05\text{mm}$.

За зареждане на машината със заготовка е необходимо шейната поз.3 да се изтегли до упор.



Фиг.1. Част от заготовка за тест ленти



Фиг.2.

Ротационна ножица за надлъжно разкрояване на заготовката

Лоста поз.10 служи за повдигане на пружините поз.11 при поставяне и центроване на заготовката / последната трябва да опира плътно до базовата повърхнина поз.12 на масата по цялата си дължина и лявата направляваща шина поз. 13, и преди това е да е пхната под притискащите ролки поз.16/.

Дясната направляваща шина /поз.14/ при необходимост се премества /еднократно за дадена серия от заготовки/ плътно до заготовката и се застопорява с помощта на винтовете.След центроване на заготовката лоста се връща в изходно положение и пружините притискат заготовката към шейната поз.3.

Чрез придвижване до упор на шейната поз.3 заготовката се подвежда към режешите глави. Придвижването на шейната се осъществява с помощта на ръкохватката поз.17. Ротационните ножове се връзват в заготовката и я придвижват самостоятелно, осъществявайки надлъжно разкрояване на същата.

За нормалното функциониране на машината е необходимо широчината на заготовката /340 mm/ да е с отклонения $\leq 0,1\text{mm}$. Допуска се широчината на заготовката за дадена серия да варира +/- 1mm, но трябва да се регулира дясната ограничителна планка поз.14 така, че заготовката да се води плътно ѝ по нея.

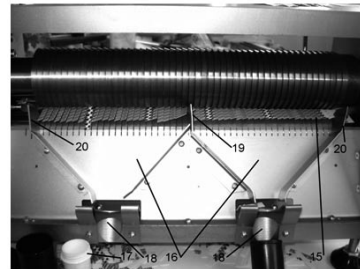
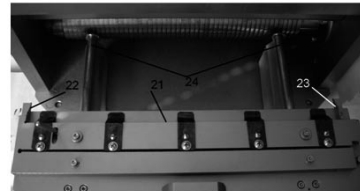
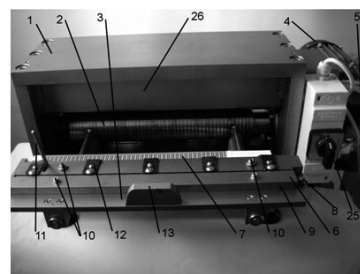
Получените след разкрояване на заготовката ленти се разкрояват напречно /по ос У – виж фиг.1/ на ротационната ножица показана на фиг.3.

2.Устройство и начин на работа с ротационната ножица за напречно разкрояване на заготовката.

Ротационната ножица за напречно разкрояване на заготовката /по ос У/ се състои от кутиеобразен стоманен корпус поз.1 с монтирани в него ножови глави /поз.2/ с по 51 ротационни ножа, шейна поз.3 за транспортиране на заготовката до зоната на рязане, задвижване, състоящо се от електродвигател поз. 4 и редуктор поз. 5, свързващ валове на ножовите глави, за предаване на въртеливо движение. Върху шейната поз. 3 е монтирана маса поз.6 за базиране на заготовката поз.7. Масата е снабдена с механизми за микропреместване – напречно на направляващите – поз.8 и ъглово завъртане – поз.9.

Базовата повърхнина 21 на масата е настроена на успоредност спрямо обвиващата повърхнина на ротационните ножове и е застопорена с болтове поз.10.

Ножовите глави са изработени така, че ротационните ножове да опират плътно един в друг и да обезпечават широчина на отрязаната лентичка $6+0,05\text{ mm}$.



Фиг.3. Ротационна ножица за напречно разкрояване на тест ленти.

Лоста поз.11 служи за повдигане на пружините поз.12, при поставяне и центроване на заготовката /последната трябва да опира плътно до челната повърхнина поз.21 на масата, по цялата си дължина и в левия упор поз. 22 на масата.

След центроването на заготовката лоста поз. 11 се връща в изходно положение и пружините притискат заготовката към шейната поз.3.

Чрез придвижване до упор на шейната поз.3, заготовката поз.7 се подвежда към зона на рязане. Придвижването на шейната се осъществява с помощта на ръкохватката поз.13. Ротационните ножове се връзват в заготовката и я придвижват самостоятелно, осъществявайки разкрояване на същата.

Отрязаните лентички, поз.15 /50 броя/ се насочват по улете поз.16 към контейнерите поз.17, поставени в гнездата поз.18.

Машината е снабдена с отражатели поз.19, за разделяне на потока отрязани лентички по 25 броя и поз.20 – за отделяне на технологичния отпадък от двете страни на заготовката.

След всяко рязане на заготовка поз.7, операторът на машината трябва да смени контейнерите поз.17 и след това да пристъпи към повтаряне на цикъла на разкрояване на нова заготовка.

За нормалното функциониране на машината е необходимо широчината на заготовката поз.7 /размерът 340 mm/ да е с отклонения $\leq 0,1\text{mm}$. Допуска се широчината на заготовката за дадена серия да варира $\pm 1\text{mm}$, но трябва да се регулира дясната ограничителна планка поз.23 / виж фиг.3/ така, че заготовката да се води плътно ѝ по нея.

3. Конструктивни и технологични особености на ротационните ножници.

Ножовите глави на машините /за надлъжно разкрояване – фиг.4а и за и напречно разкрояване – фиг.4б/ са изработени с набор от еднакви по размер и конструкция ротационни ножове /фиг.5/.

Всяка двойка ротационни ножове /поз.1/ осъществяват по един срез на заготовката.

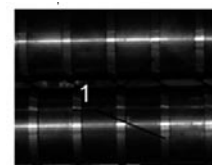
За реализиране на качествен срез е необходимо двойката ротационни ножове да са плътно прилепнали един до друг и линията на среза да осигурява исканата точност за разкрояване на заготовката.

Двустранното връзване /фиг.6/ на заготовката способства за качествен срез на многослойния материал, армиран в горния си край с фина текстилна мрежа.

Рязането започва в т.А1 и завършва в т А2 , при което непрекъснато се променя ъгълът α . Това води до непрекъснатата промяна на теглителната сила F /фиг.7/ по дължината на дъгата А1А2 и създава напрежения на опън и срязване в зоната на рязане[1].

Точките А1 на всяка двойка ротационни ножове образуват теоретична линия на връзване на заготовката, спрямо която следва да се настрои движението на шейната на перпендикулярност.

Отклонението на точката А1, за която е ротационна двойка ножове, може да предизвика посукване на заготовката при започване на процеса на разкрояване на същата. Отклонението може да бъде предизвикано от радиално биене на ротационните ножове или отклонение от кръглост на режещия ръб на ротационните ножове.

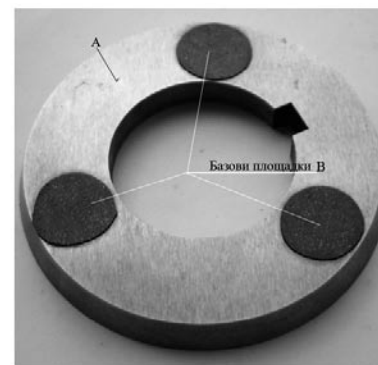


а

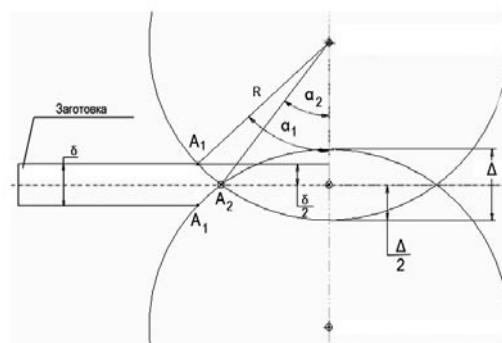


б

Фиг.4. Ножови глави



Фиг.5. Ротационен нож



Фиг.6.Схема на рязане

Изследванията на влиянието на радиалното биене на ротационните ножове върху промяната на местоположението на точките A1 показва, че изменението на радиуса R на ротационните ножове /за приетите в общото машиностроено точности/, породено от ексцентрицитета при монтаж на същите и отклонение от кръглост на режещия ръб на ножовете води до:

- -преместване на точките A1 в хоризонтално направление, което е пропорционално на изменението на радиуса R ;
- -преместване на точките A1 във вертикално направление, което е пропорционално на изменението на радиуса R , но с около един порядък по-малко.

Предписаната хлабина при монтаж на ротационните ножове 0,010 mm води до преместване на т. A1 във вертикално направление с 0,003 mm, а в хоризонтално направление с 0,010mm.

Анализът на стойностите на преместване на точката A1 /при избраната сглобка/ дава основание да се приеме, че то няма да окаже съществено влияние върху праволинейността на преместване на заготовката в процеса на връзване на ротационните ножове в заготовката.

За намаляване на технологичните разходи за обезпечаване на геометричната точност на контактните повърхнини в ножовите пакети в ножовата глава е прието базирането на ножовете в осово направление да става по трите базови площадки „B” /фиг. 5/, върху базовата повърхнина „C” /фиг.8/ на всеки съседен нож. Това дава възможност да се използва метода на копирането за получаване на необходимата широчина “b” на ротационните ножове. За целта базовата повърхнина „C”/фиг. 8/ на ротационния нож се подлага на претриване, след шлифование, за получаване на отклонение от равниност 0,001mm [1]. Широчината b1 на ротационния нож се изработва с 0,2...0,5mm по- малка от желания размер b=6+0,05 mm. По повърхнината „A” /фиг. 5/ се оформят базови площадки „B”, които определят окончателната широчина b на ротационния нож. Това може да се осъществи чрез заливане с термореактивен полимерен материал, като се използва метода на копирането. За целта върху трасажна маса с отклонение от равниност 0,001mm в зоната на базиране се поставя щателно измит и подсушен ротационният нож поз.3 /фиг.9/. На 1200 около него се разполагат еталонни базиращи подложки поз.2. Размерът на последните е подбран с оглед желания размер b на ротационния нож и свиването на полимерния материал. Отворите се обезмасляват с ЛОСТИТЕ 7063 и се подсушават, след което се заливат с полимерния материал. Върху еталонните базиращи подложки се поставя плоча с отклонение от равниност 0,001mm, в зоната на базиране и се притиска до плътно прилягане на плочата до подложките поз.2, при което излишното количество полимерен материал изтича в страни. За предотвратяване на залепване на плочата към полимерния материал същата трябва да бъде покрита с тънък разделителен слой от парафин /във вид на аерозол/ или омаслена. От равномерността на разделителния слой ще зависи точността на копиране на размера на ротационния нож, определена от еталонните базиращи подложки.

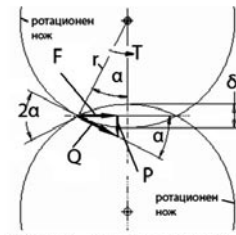
Проведените изследвания с различни термореактивни полимерни материали-полиестерни и епоксидни смоли и продукти на фирмата DIAMANT metallplasttic GMBH- Германия показваха, че от съществено значение за якостните показатели на базовите площадки /твърдост по Бринел, якост на натиск, модул на линейна деформация, свиване при втвърдяване/ е вида на пълнителя и съотношението му в тегловни единици с термореактивния полимерен материал.

В таблица 1 са дадени механичните характеристики на „Diamant multimetal” на фирмата DIAMANT metallplasttic GMBH- Германия.

Податливостта Δl на всяка от базовите площадки „B” оказва съществено значение върху размера на широчината на лентичките след разкрояване, поради големия брой контактни повърхнини и натрупване на грешка от деформация на последните.

Ако се приеме, че деформациите са в границата на пропорционалност, податливостта на всяка от базовите площадки „B” може да се определи от израза [4]

$$\Delta l = h \frac{\sigma}{E} \tag{1}$$



Фиг. 7. Изчислителна схема за определяне на силите на рязане




Фиг. 8

където:

- h е дебелината на базовите площадки „В” /отлети с „Diamant multimetal”/;
- σ - напрежение на смачкване;
- E – модул на линейна деформация.

Таблица 1

 Technical Data		EISEN/STAHL IRON/STEEL		ALU- MINIUM		BRONZE		TITAN		RAPID		CERAM	
		P	FL	P	FL	P	FL	P	FL	P	FL	P	FL
Viskosität Viscosity		paste	flüssig	paste	flüssig	paste	flüssig	paste	flüssig	paste	flüssig	paste	flüssig
		paste-like	liquid	paste-like	liquid	paste-like	liquid	paste-like	liquid	paste-like	liquid	paste-like	liquid
Spez. Gewicht / Spec. weight	g/cm ³	2.3	2.1	2.0	1.9	2.2	2.1	2.2	1.8	1.5	2.5	2.05	
Verarbeitungszeit / Processing time	Min. / mins.	60		60		60		60		3		60	
Aushärzeit ¹ / Curing time ¹	Stunden	3	3	3	3	3	3	0.2	3	3	3	3	
leichte Belastung / light load	hours	4	4	4	4	4	4	0.5	4	4	4	4	
volle Belastung / full load		24	24	24	24	24	24	1	24	24	24	24	
Lagerfähigkeit ² / Shelf life ²	Monat / months	24		24		24		24		12		24	
Härte / Hardness ASTM D 1706	Shore D	89	87	87	85	86	84	92	90	86	92	89	
Zugscherfestigkeit / Tensile shear DIN 53 283	N/mm ²	22	22.5	18.5	18.7	16.5	16.6	21	22	16.5	23	23.5	
Zugfestigkeit / Tensile strength DIN 53 455	N/mm ²	76	76.6	72	72.5	62	62.5	77	78	60	74	74.5	
Biegefestigkeit / Bending strength DIN 53 452	N/mm ²	89	87	82	82.5	79.5	80	91	90	79	88	88.5	
Kugeldruckhärte / Ball thrust hardn. DIN 53 454	N/mm ²	185	180	165	160	180	175.5	195	190	160	205	200	
Druckfestigkeit / Compr. strength DIN 53 454	N/mm ²	160	156	145	141	151	151	180	176	155	180	176	
Schlagzähigkeit / Impact strength DIN 53 453	N/mm ²	5.2	5.0	5.4	5.2	5.4	5.2	5.8	5.6	5.0	5.8	5.6	
E-Modul / E-Modulus DIN 53 457	N/mm ²	1850	1900	1600	1650	1650	1700	1850	1890	1600	1900	1950	
Schwind nach Aushärtung / Post-cure shrink. ASTM D 2566	mm/cm	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.01	0.004	0.005	
Temperaturbeständigkeit ³ / Temperature resistance ³ ASTM D 2566	° C	- 32 / + 350		- 32 / + 350		- 32 / + 350		- 40 / + 350		- 30 / + 100		- 30 / + 350 - 30 / + 350	

Сумарната податливост на базовите площадки „В” ще бъде в случая $\Delta 1$, тъй като те могат да се разгледат като три паралелно действащи пружини.

При определяне на технологичния размер b_2 трябва да се вземе в предвид броя на ротационните ножове, монтирани на вала, свиването на „Diamant multimetal”-ла /виж таблица1/ и податливостта $\Delta 1$ на всяка от базовите площадки „В”, при зададено аксиално притискане на ножовете.

Тъй като в процеса на рязане отсъстват аксиални сили, за плътното прилягане на ротационните ножове един към друг е достатъчно същите да бъдат притиснати със сила 300N, при което от (1), за прието конструктивно оформяне на базовите площадки, се получава $\Delta 1 = 0,0028 \text{ mm}$, за всяка една от базовите площадки „В”. Сумарната податливост на опорните повърхнини на ротационния нож ще бъде $\Delta 1_{\Sigma} = 0,0084 \text{ mm}$. Към тази стойност следва да се прибави $4..5 \mu\text{m}$ за компенсиране на свиването при втвърдяване на „Diamant multimetal”-ла /виж табл.1/. Следователно дължината на пакета от 51 ротационни ножа / при не затегнат пакет от ножове, за машината от фиг.3/ ще бъде 306,684 mm. След затягане на пакета с ротационни ножове /с/с сила 300 N/се постига размер между два съседни ножа $6+0,05 \text{ mm}$.

Податливостта $\Delta 1$ на всяка от базовите площадки „В” спомага за безшумна работа и избягване на заклиняване на ротационните ножове, вследствие на аксиално биене на същите.

Освен това е необходимо лагеруването на валовете на ножовата глава да има аксиално биене $\leq 0.01 \text{ mm}$ и възможност за относително преместване на валовете при настройка, за постигане на плътно прилепване на ротационните ножове един към друг.

Поради голямата дължина на валовете на ножовата глава, определена основно от размерите на заготовката (340 mm) е необходимо едната лагерна опора да бъде плаваща, за поемане на топлинни разширения, а другата да бъде фиксирана двустранно.

Тъй като за осигуряване на качествен срез е необходимо ножовете да са прилепени плътно един до друг, на практика лагеруването трябва да бъде с предварително едностранно аксиално натоварване. Предвид малките

радиални сили на рязане е възможно да се използват четири точкови радиално-аксиални лагери, нормален клас, във фиксираните лагерни опори на валовете. Тези лагери трябва да бъдат разположени от страната на базиране на заготовката върху машината.

Минималното осово натоварване, за да работят лагерите удовлетворително, се определя от израза [3]

$$F_{am} = k_a \frac{C_0}{1000} \left(\frac{nd_m}{100\,000} \right)^2 \quad (2)$$

където:

- F_{am} е минимално осово натоварване, N;
- k_a - коефициент за минимално натоварване =1 за лагери от серията QJ2 и =1,1 за лагери от серията QJ3.
- n – честота на въртене, min⁻¹ ;
- d_m - среден диаметър на лагера.

Трябва да се има в предвид, че удовлетворителната работа на сачмите в лагера се постига само тогава, когато те се допират до пътечката на търкаляне само в две точки, т.е когато осовото натоварване $F_{am} \geq 1,27F_r$ (F_r е радиално натоварване на лагера).

Лагерите с четири точков контакт имат ограничена способност да компенсират несъосност на лагерните гривни и при конструиране и изработване на лагерния възел трябва да се поставят изисквания, както при вретенни възли за металорежещи машини (несъосност спрямо обща ос $\leq 0,004$ mm, вътрешната гривна да е монтирана със стегнатост 0,001...0,005 mm, върху шийката на вала, а външната гривна да е със сглобка с хлабина в отвора) [3].

За плаващата опора може да се използва обикновен сачмен лагер, на който вътрешната гривна е монтирана със стегнатост 0,001...0,005 mm, върху шийката на вала, а външната гривна е със сглобка с хлабина в отвора.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2008 г. “.

Литература

1. Масловский В.В. Технология обработки на доводочно-притирочных станках. Москва. 1979 г.
2. Ралев Д. Н. A rotary cutter for cutting of glucose test stripes. Електронно списание „Recent” /www.recentonline.3x.ro/. Статията приета за публикуване на 15.01.2008 г.
3. Ралев Д., Щъркалев И. Лагерни възли. Електронно издание http://mf.tu-sofia.bg/menk/el_ob/el_ob_bul.html, раздели 5 и 6, достъп: 2007-09-12
4. Христов Д. И колектив. Пресмятане и конструиране на машинни елементи. Техника. София. 1980 г.