

КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ОСНОВНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ДЕЛОВИТЕ ДОБИЕНИ СО БРЗО ПРОТОТИПИРАЊЕ

Асс. д-р Андријана Боцевска, Ред. проф. д-р Витомир Стојановски

Технички факултет – Битола,
Универзитет “Св.Климент Охридски” - Битола
Ул.Иво Лола Рибар бб., Битола Р.Македонија
++389 47 207 718 ++389 78 445 418 ++389 78 293 220
abocevska@yahoo.com
vitomir.stojanovski@uklo.edu.mk

АБСТРАКТ

Во овој труд е даден преглед на предностите и недостатоците на најрелевантните и најшироко применетите технологии за брза изработка на прототипови и тоа: Стереолитографија, Селективно ласерско синтерување, Изработување на предмети со наслојување на тенки материјали, Моделирање со одлагање на растопен материјал. Направена е и компаративна анализа на основните карактеристики на деловите добиени со овие технологии. Карактеристиките се однесуваат на рапавоста на површината, точноста на димензиите и механичките својства.

Клучни зборови: моделирање, брза изработка на прототипови, основни карактеристики.

ABSTRACT

This paper provides an overview of the advantages and disadvantages of the most relevant and widely applied technologies for rapid prototyping including stereolithography, selective laser sintering, laminated object manufacturing and fused deposition modelling. A comparative analyse of the basic properties on rapid prototyping parts is also performed. They refer to surface roughness, dimensional accuracy and mechanical properties.

Key words: modeling, rapid production of prototypes, basic properties.

1. ВОВЕД

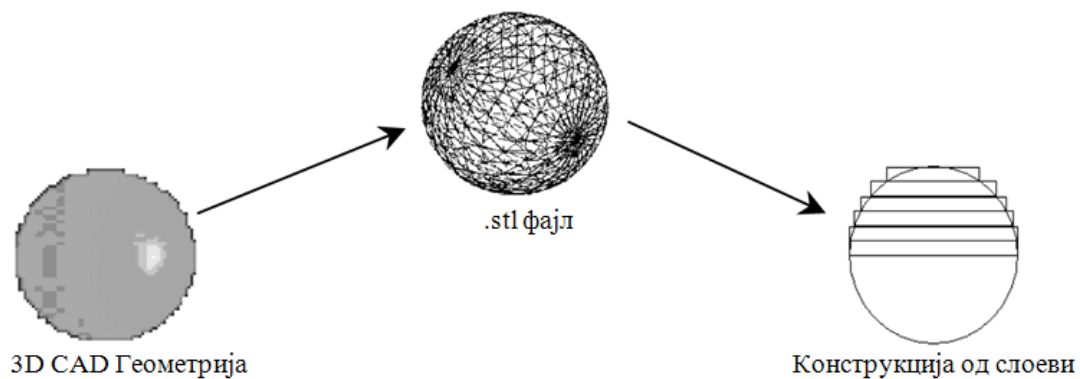
Современиот глобален пазар се карактеризира со бескомпромисна конкуренција и непрекинато менување на барањата на клиентите. Тоа го принудува секој производител да бара можности за намалување на времето за проектирање и производство со што пониски расходи. Еден од начините за постигнување на тоа е користењето на технологиите за брзо прототипирање познати како Rapid Prototyping (RP). Нивната примена во етапата на проектирање и производство на нов производ или модифицирање на постоечки производ, многукратно го намалува времето при постигнување на подобар квалитет. Технологиите за брзо прототипирање често пати се

најдоброто можно решение за производство не само на единечни прототипови, но и за мало и средно сериско производство на производи со сложени и искривени надворешни површини и со сложена внатрешна геометрија.

2. ОПИС НА ПРОЦЕСОТ НА БРЗО ПРОТОТИПИРАЊЕ

Технологиите за брзо прототипирање се адитивни процеси. Деловите се изградуваат последователно во слоеви, додека се постигне крајната геометрија. Начинот на изградување на слоевите и применетиот материјал значително се разликуваат помеѓу различните процеси.

Примената на технологиите за RP започнува со создавање на 3D модел на прототипот. При овој процес може да се применува различна излезна информација. Создадениот 3D модел се конвертира во неутрален формат. Префериран формат е STL, но може да се применуваат различни транслатори. Крајно дефинираниот 3D модел во STL формат се “сечи” на слоеви со танки напречни пресеци се кои се образува физичкиот прототип од оригиналните CAD податоци, (сл.2.1.).



Сл.2.1 Принцип на создавање на прототип при RP технологиите

Секоја технологија има предности и недостатоци, кои треба да бидат детално определени, пред да биде избран процесот на RP. Во спротивен случај може да биде произведена компонента која не одговара на барањата на клиентите.

2.1 Видови на методи за RP

Стереолитографија (SLA). SLA е една од најстарите технологии, која датира од средината на 1980 год. Може да биде применета за делови со сложена геометрија и со висок квалитет на завршната површина, како и за делови добиени со конвенционалните обработки. SLA деловите се применуваат како модели за производство на силиконски алати (калапи) при леење под вакуум или леење на многукомпонентна термореактивна смеса.

Предности:

- Добар квалитет на завршната површина;
- Лесно се добива сложена геометрија и
- Воглавно, има добра геометриска точност.

Недостатоци:

- Неоходни се дополнителни потпорни сруктури, кои потоа треба да бидат отстранети;
- Деловите се подложни на деформација особено ако се применети акрилни смоли и

- Смолите се опасни по здравјето и треба внимателно ракување со истите.

Селективно ласерско синтерување (SLS). Овој метод овозможува прототиповите да бидат изработени од различни материјали и директно добивање на полу-функционални делови. Деловите кои имаат сложена геометрија можат да бидат направени од прашкаст материјал. Фактот, што се применува прав како основен материјал го ограничува квалитетот на финалната компонента. Производството на алати може да се врши директно со примена на SLS деловите, изработени од метален прав.

Предности:

- Не е неопходна дополнителна термичка обработка на деловите, освен ако не се керамички;
- Деловите често може да бидат добиени без дополнителни структури и
- Директно се добиваат делови од различен материјал.

Недостатоци:

- Површината на деловите е порозна и како резултат на тоа порозна може да биде и завршната површина;
- Процесот на загревање и ладење на машината одзема подолго време и
- Деловите може значително да се деформираат.

Изработување на делови со наслојување на материјал (LOM). Овој метод често пати е опишан како трансформирање на хартијата во дрво. Во принцип LOM се применува за правење на дрвени модели за песочно леење. Овие модели се доста издржливи и соодветно повторно применливи. LOM е една од најекономичните технологии на RP и е одлична за правење на големи делови со определена сложена геометрија.

Предности:

- Врз дрвените делови може да бидат применети конвенционални обработки (дупчење, изработка на навој и т.н.);
- Големите делови може да бидат направени брзо и евтино.

Недостатоци:

- Дрвените делови со мал напречен пресек често имаат мала јакост;
- Дрвените делови апсорбираат влага, освен ако на површината не е применета определена постапка и
- Завршната површина пред да се изврши дополнителна обработка е со незадоволителен квалитет во споредба со некои други техники на RP.

Моделирање со одлагање на растопен материјал (FDM). Овој метод припаѓа кон класата на технологии за RP кои се познати како концептуални модели. Тоа е така, затоа што во споредба со други технологии како SL, создадените модели обично се нефункционални од гледна точка на нивната јакост и квалитет на завршната површина. Концептуалните модели воглавно се применуваат за да обезбедат брз начин на создавање на компонентата, која ќе може да биде проверена за груби грешки и применета како комуникационен инструмент помеѓу производот и дизајнерскиот тим.

Предности:

- Деловите може да бидат направени од различни материјали и
- Машината може лесно да биде монтирана и применета во канцеларија.

Недостатоци:

- Лоша завршна површина;
- Неопходна е потпорна структура;
- Деловите имаат мала јакост во вертикална насока;
- Процесот за делови со голема маса се одвива бавно и
- Лошата завршна површина ја прави неатрактивна изработката на алати.

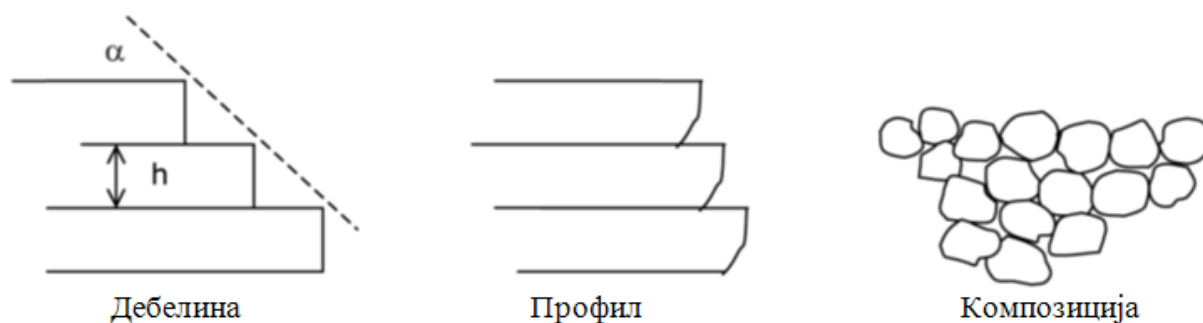
3. КАРАКТЕРИСТИКИ НА ДЕЛОВИТЕ ДОБИЕНИ СО RP

Како резултат на тоа што RP деловите се добиваат со адитивни процеси, истите имаат карактеристики кои се сосема различни од деловите добиени со конвенционалните методи. Споредбата на карактеристиките е особено тешка, со оглед на тоа што истите не зависат само од применетиот материјал, туку и од насоката во која карактеристиката ќе биде измерена. Во следните параграфи се оценуваат неколку клучни карактеристики и тоа:

- Рапавоста на површината
- Точноста на димензиите и
- Механичките својства.

3.1 Рапавост на површината на деловите добиени со RP

Врз рапавоста на површината на RP деловите, (бидејќи истите се изградуваат слој по слој), влијаат три основни компоненти и тоа: дебелината, крајниот профил и композицијата на материјалот, (сл.3.1.).



Сл.3.1. Компоненти кои влијаат на рапавоста на површината на деловите добиени со RP

Дебелината (h) на секој слој, заедно со аголот на изградување на површината (α) создаваат скалест ефект. За $\alpha = 90^\circ$ оваа компонента на рапавоста на површината ќе биде нула. Истата не зависи од применетата RP технологија.

Крајниот профил на секој слој ја претставува втората компонента на рапавост. Оваа компонента на рапавост зависи од применетата технологија со која се создава истиот.

Испитуваните парчиња се дизајнирани така што рапавоста може да биде измерена за вредности на α од 0 до 90° , (Табела 1).

Табела 1 Рапавост на површината ($\mu\text{m Ra}$) за избраните технологии за RP

Технологија - материјал	Дебелина на слој	Агол на изградување, α /степен				
		10	30	50	70	90
SLA – Епоксид	0,15	39,9	28,8	21,5	16,7	6,3
SLS – Полистирен	0,20	65,2	35,6	32,6	24,7	20,6
SLS – Најлон	0,10	28,5	36,9	36,5	39,2	11,8
LOM -Хартија	0,10	29,2	27,7	25,3	23,3	16,9
FDM - ABS	0,25	56,6	38,6	26,4	22,7	17,9

Третата компонента се однесува на композицијата на материјалот. Истата зависи од применетата RP технологија и материјалот кој се користи при истата.

Од табелата може да се забележи дека има значителни промени на рапавоста на површината во зависност од применетата технологија, дебелината на слојот, применетиот материјал и аголот на изградување на површината. Аголот на изградување на површината е особено важен, па корисникот на RP делот потребно е да напомене која површина потребно е да има најдобар квалитет, со цел делот да се изградува во правилна насока за да се постигне саканиот резултат.

3.2 Точност на димензиите на деловите добиени со RP

Со цел да се утврди точноста на линеарните димензии на деловите, добиени со различни RP технологии, направено е мерење на димензиите на истите делови и споредба со димензиите на CAD моделот, (Табела 2). Од табелата може да се види дека точноста значително се менува во зависност од применетата технологија и на која димензија е направено мерење. Од средната вредност на точноста на линеарните димензии за различни технологии, може да се види дека ниту една од технологиите кои се разгледуваат нема поголема точност од 97,8 %. Бидејќи RP деловите се подложни на искривување, корисникот покрај линеарната точност потребно е да го земе во предвид и искривувањето при определување на примената на делот.

Табела 2 Точност на димензиите за избраните технологии за RP

Технологија-материјал	Димензии на CAD моделот (mm)							Средна вредност
	34,50	50,35	52,50	56,00	60,00	71,00	75,00	
	Димензии на испитуваните делови (mm)							
SLA – Епоксид	34,83	50,57	52,77	55,85	59,97	70,97	74,94	97,7
SLS – Полистирен	34,43	50,45	52,62	56,48	60,14	71,31	75,12	97,7
SLS – Најлон	34,77	50,37	52,59	55,99	60,39	70,65	74,99	97,8
LOM - Хартија	34,67	50,61	53,20	55,98	59,92	71,05	74,86	97,2
FDM - ABS	34,38	50,07	53,45	55,46	60,09	70,42	75,08	95,3

3.3 Механички својства на деловите добиени со RP

Особено е тешко да се определат и споредат механичките својства на деловите добиени со брзо прототипирање од голем број причини. Материјалите и процесите кои се применуваат за добивање на деловите постојано се подобруваат и како резултат на тоа подобрена е механичката јакост и останатите карактеристики на деловите. Во Табела 3 дадени се податоци добиени од доставувачи на материјали и производители на опрема.

Табела 3 Индикативни механички својства на избраните технологии за RP

Технологија	Материјал	Издржливост на истегнув. (MPa)	Модул на еластичн. (MPa)	Тврдост D скала
SLA	Епоксид	55-65	2,150-2,600	80-85
	Акрилат	35	1,100-1,200	78
LOM	Хартија	26-66	2,514-6,697	55-70
	Полиестер	85	3,435	-
FDM	ABS	35	2,495	105 Тврдост по роквел
SLS	Фин најлон	36	1,400	-
	Акр.полимер	10	1,100	-

ЗАКЛУЧОК

Од направениот преглед на различните технологии за брзо прототипирање, односно нивните предности и недостатоци може да се утврди дека истите треба да бидат детално анализирани пред да биде избран соодветниот процес и материјал за истиот. Од податоците дадени во Табела 1 може да се забележи дека аголот на изградување на површината е особено важен за рапавоста на површината, така што корисникот на RP делот потребно е да напомене која површина треба да има најдобар квалитет, со цел делот да се изградува во правилна насока и со тоа да се постигне саканиот резултат. Табела 2 покажува дека со применетите технологии не се постигнува поголема точност од 97,8 што ја ограничува примената на делот. Иако е тешко од голем број причини да се определат и споредат механичките својства на деловите добиени со брзо прототипирање, сепак може да се каже дека како резултат на тоа што материјалите и процесите кои се применуваат за добивање на деловите постојано се подобруваат со тоа е подобрена и механичката јакост и останатите карактеристики на деловите, што може да се види и од податоците во Табела 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ashley S., "From CAD art to rapid metal tools", Mechanical Engineering, pp. 82-87, March 1997.
2. Chua C. K., and Leong K. F., "Rapid Prototyping: Principles and Applications In Manufacturing", John Wiley, 1997.
3. Denton K. R., "The economics of rapid tooling and rapid prototyping", The Sixth International Conference on Rapid Prototyping, pp. 179-188, 1995.
4. Hilton P., "Making the leap to rapid tool making", Mechanical Engineering, pp. 75-77, July 1995.
5. Tsang H. B. and Bennett G., "Rapid tooling - direct use of SLA moulds for investment casting", First National Conference on Rapid Prototyping and Tooling Research, pp. 237-247, 1995.