

UOT 621.941

### 3D VƏ ADDİTİV TEXNOLOGİYALARIN SİYİRTMƏ GÖVDƏLƏRİNİN HAZIRLANMASINDA VƏ MODELƏŞDİRİLMƏSİNDƏ ROLU

İsmaylov N.Ş., Mənsimov A.H.

*Azərbaycan Texniki Universiteti  
AZ 1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25  
E-mail: nizism@mail.ru, aykhanm00@gmail.com*

**Xülasə.** *Additiv texnologiyalar, internetin informasiya texnologiyaları sahəsində inqilab yaratdığı kimi, siyirtmələr və hidravlik klapanlar da daxil olmaqla fiziki obyektlərin istehsal texnologiyasını əhəmiyyətli şəkildə dəyişdirmişdir.*

*Bu texnologiyaların üstünlüklərinə tamamilə avtomatlaşdırılmış sistemin insan əmək qabiliyyətinin minimum həddə endirilməsi, hazırlanan məhsulun yüksək dəqiqliyi, ənənəvi üsullarla müqayisədə məhsulun dəfələrlə qısa müddətdə hazırlanmasını şamil etmək olar. Müasir istehsal texnologiyalarının əsas prioritet vəzifəsi istehsalın təşkili üçün iqtisadi cəhətdən səmərəli eyni zamanda istismar üçün lazım olan keyfiyyət, təhlükəsizlik və funksionallıq kimi tələbləri özündə birləşdirib onlara cavab verməsidir.*

*Siyirtmə və klapanların additiv istehsalının ənənəvi proseslərlə istehsalından əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bəzi mürəkkəb konfigurasiyalı hissələr istehsal prosesləri olmadan hazırlana bilər. Məsələn, montaja ehtiyac qalmaması üçün bütün klapanı additiv texnologiyalar vasitəsi ilə istehsal etmək mümkündür. Mütərəqqi texnologiya olan AT-nin əsas üstünlükləri mürəkkəb həndəsə və mürəkkəb axın bölmələri ilə olduqca dəqiq hissələrin istehsalına imkan verməsidir.*

**Abstract.** *Additive technologies have revolutionized the technology of manufacturing physical objects, including valves and hydraulic valves, just as the Internet revolutionized information technology.*

*The advantages of these technologies include minimization of human resources of a fully automated system, high product accuracy, and product manufacturing in a much shorter time frame than traditional methods. The main priority of modern manufacturing technology is to organize production*

*The main advantage of additive manufacturing of valves and valves over traditional processes is that some complex configuration parts can be produced without manufacturing processes. For example, the entire valve can be manufactured using additive manufacturing to avoid the need for installation. The main advantage of advanced AT technology is the ability to produce high-precision parts with complex geometries and complex flow patterns.*

**Аннотация.** Аддитивные технологии произвели революцию в технологии производства физических объектов, включая клапаны и гидравлические клапаны, точно так же, как Интернет произвел революцию в информационных технологиях.

*К преимуществам этих технологий можно отнести минимизацию человеческих ресурсов полностью автоматизированной системы, высокую точность продукта, изготовление продукта в гораздо более короткие сроки, чем традиционные методы.*

*Основное преимущество аддитивного производства клапанов и клапанов по сравнению с традиционными процессами состоит в том, что некоторые детали сложной конфигурации можно изготавливать без производственных процессов. Например, весь клапан может быть изготовлен с использованием аддитивных технологий, чтобы избежать необходимости в установке. Основным преимуществом передовой технологии АТ является возможность изготавливать высокоточные детали со сложной геометрией и сложными узлами потока.*

**Açar sözlər:** *additiv istehsal, qatlı istehsal, 3D çap, proses parametrləri, proses modelləşdirmə*

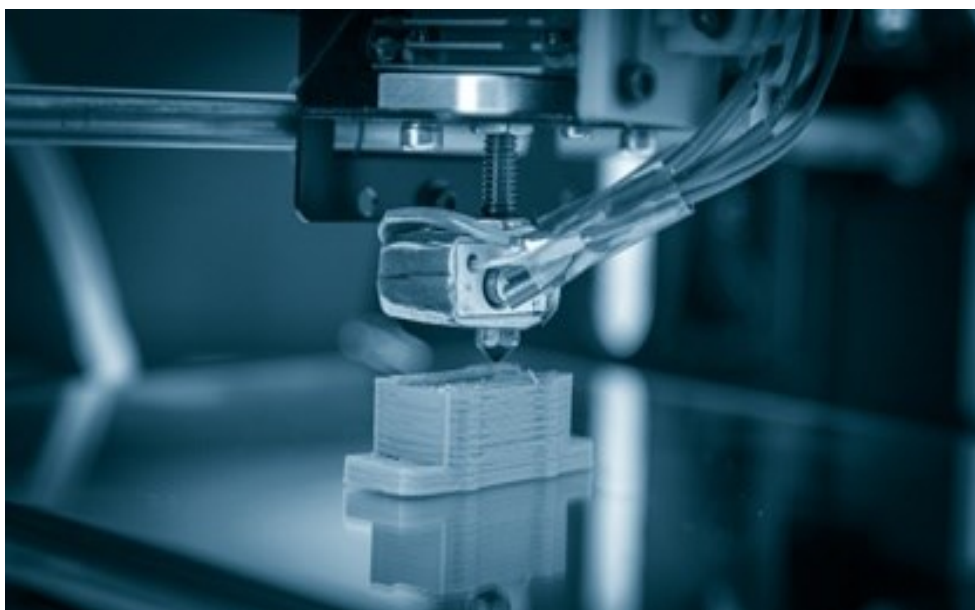
**Key words:** *additive manufacturing, layered manufacturing, 3D printing, process parameters, process modeling*

**Ключевые слова:** *аддитивное производство, слоистое производство, 3D печать, параметры процесса, моделирование процесса*

---

**Giriş.** Metal 3D çap texnologiyasından istifadənin bir neçə üstünlüyü var. Biri, çox dizayn sərbəstliyi verən ənənəvi istehsal və montaj üsullarından istifadə edərək istehsalı çətin olan içi boş, ayrı və ya kiçik hissələr kimi kompleks idarəetmə klapan hissələrini istehsal etmə qabiliyyətidir.

Digər bir üstünlüyü də ondan ibarətdir ki, çıxış tam bir modeldir, yəni klapandan və əlavə işlənmədən imtina edə bilərsiniz. Bu üsulla vaxta qənaət olunur və istifadə olunan xərclər azalır (məsələn, istehsalı üçün üç ay vaxt tələb olunan kompleks bir konfigurasiya hissəsi, iki həftəyə sadəcə 3D printerdən istifadə edərək və üstəlik, yüksək dəqiqliklə və çox yüksək keyfiyyətlə əldə edilə bilər).



**Şəkil 1.** *Additiv texnologiyaların vizualizasiyası*

Tədqiqatlar göstərdi ki, hərəkətli hissələr, bir parçalı O-üzüklər və armaturların yivli birləşdirən ucları – bu tamamilə mümkün bir prosesdir; klapanın özü və prototipi tamamilə fotopolimerizasiya yolu ilə hazırlanmışdır. Beləliklə, bu metoddan istifadə edərək tam mövcud möhkəmləndirmə prototipləri yaratmaq mümkün olduğu göstərilir.

Yardımcı istehsalda 3D çapın istifadəsi də müzakirə olunur və hələ də aktual mövzulardan biri sayılır. Bu texnologiya ənənəvi metod ilə müqayisədə hələ də olduqca baha olmasına baxmayaraq, artıq çox vaxt sərf olunmuş və bu istiqamətdə bir çox addımlar atılmışdır.

AT-nin istifadəsinin üstünlüklərinə nəzər yetirsək möhkəmləndirmə üçün tökmə qəliblər yaratmaq texnologiyaları olmasını hesab etmək olar. Qapı sisteminin məhdudiyyətləri aradan qaldırılır, tökmənin geometrik parametrlərini genişləndirir və materialların sinifləri dəyişdirilərkən dəqiqliyi qorunur və bir 3D printer müəyyən bir ölçüyə sahib olsa da, məhsulun ölçüsü iş kamerasının tutumu ilə məhdudlaşmır. Qəlib hissə-hissə düzəldilə bilər və istədiyiniz ölçüsü əldə etmək üçün hazırlanıb birləşdirilə bilər. İzolyasiyanı çap edə bilməməyimizə baxmayaraq qəlibin altındakı hava dəşiklərə izolyasiya qolları əlavə edə bilərik.

Bundan əlavə olaraq, artıq qumun 3D çapı qəlibdən çıxardılması metodu da hazırlanmışdır və hal-hazırda kvarts qumu qatqıları üçün müvəffəqiyyət əldə edənə qədər fərqli variantları araşdırırıq. AM-texnologiyalarından istifadə edərək qəlibləmə prosesi açıq şəkildə az vaxt aparır.

Məsələn, model avadanlıq prototip olaraq lazım olarsa və bunun hazırlanması ənənəvi üsulları çox bahalı və mürəkkəb sayılır. 30 ildir istehsaldan çıxmış, ancaq buna ehtiyacınız olan bir klapan dəyişdirməyiniz lazımdırsa, additiv texnologiyaların istifadəsi ənənəvi olanlardan daha təsirli olur.

2D modelinə etibar etmək əvəzinə digər bir variant da var ki, bir neçə gün içərisində 3D model hazırlayıb, təchiz edib işə salmaq və tələb olunan klapanı daha sürətli əldə edə bilərik. Nadir bir hissəyə uzaq bir yerdə yerləşən hissəyə ehtiyac varsa AT texnologiyalarından istifadə etmək daha məntiqəuyğun sayılır. Sənədi AM texnologiyasından istifadə edərək tökmədə əməkdaşlarımız olduğu dünyanın istənilən yerinə elektron şəkildə göndərə bilərik və göndərdiyimiz yerdə sənəddə yazılan xarakteristikalara uyğun tökmə məmulatı hazırlanacaqdır.

Başqa sözlə, birindən nümunə göndərmək əvəzinə başqa birinə tökmə, sadəcə bir 3D model hazırlayır və göndərirsiniz və artıq lazım olan modeli əldə etmək üçün əlavə məbləğlər sərf olunmur.



***Şəkil 2. Müasir istehsalda tökmə***

Tökmə sənayesində xüsusi bir yer şam üsuluna verilir. Məsələ ondan ibarətdir ki, bu texnologiya mürəkkəb formalı və yüksək dəqiqliyi olan hissələri əldə etməyə imkan verir. Bu halda tökmə prosesi aşağıdakı ardıcılıqlarla baş verir:

- Hazırlanacaq hissənin modeli parafin, stearin və ya şamdan hazırlanır;
- nəticələnən model bir neçə dəfə odadavamlı bir ərimiş mayeyə batırılır və xüsusi çirkələri əlavə edən kompozisiya onun üzrəindən təmizlənir;
- əmələ gələn qəlibi 10000C-yə qədər qızdırılan bir sobada qızdırır, ardından kerosin nüvəsindən əridir;
- bundan sonra əridilmiş metal tökülür, qəlib soyudulur və bitmiş hissə sökülür.

İtirilmiş şam üsulu ilə hissələri 11 ilə 13 dərəcə (60 mikrondan 0,14 mm-ə qədər) dəqiqliklə əldə edilir.

Keyfiyyət, istehsal olunmuş hissənin dəqiqliyinin bir parametridir. Dəqiqlik sinifini əks etdirən 18 növ klassifikasiya var (1 ən dəqiqdir).

Yüksək keyfiyyətli klapan gövdəsi hissələri əldə etmək üçün tökmə materialı olaraq WCB, 25L və 35L poladdan, həmçinin GGG40 və ya GGG50 çuqundan istifadə olunur.

Qapı klapanı pazı bir investisiya tökməsidir. Bu dizayn iş parçasının səthində tökmə meydana gəlməsini aradan qaldırır və eyni zamanda dizayn dəqiqliyinə və dizayn ölçülərinə uyğunluğunu təmin edir. Bu mövcudluğu təmin etmənin iki növü var:

Döymə və şamplama

Bu iki istehsal üsulunun bəzi oxşar cəhətləri var. Qalın divarlı polad təbəqələrə böyük təzyiqin təsiri altında, gövdəsi hissələri onlardan alınır. Ancaq təsir üsulu hər metod üçün fərqlidir.

Döymə, iş parçasına "dəyən" və ona müəyyən bir görünüş verən bir çəkic vasitəsi ilə təzyiq alınmasıdır. Lazımi formanı əldə etmək üçün çəkic sathına (və ya iş parçasının altına) bir qəlib (şamp) quraşdırılmışdır.

İş prinsipinə görə çəkiçlər aşağıdakı növlərə bölünürlər:

- mexaniki;
- hidravlik;
- dizel;
- buxar.

Texnologiyanın işləmə müddətini keçdiyindən sonrakı sonuncu növ hazırda istifadə edilmir.

Döymədən əvvəl qızmar döymə istiliyinə qədər qızdırılır. Bu göstərici hər metal üçün fərqlidir.

Məsələn:

polad - 750-12000C;

alüminium - 400-4500C;

mis - 600-9000C;

titan - 1000-16000S.

Fabriklərdə, 100 tona qədər olan işlək hissəciklər üçün ölçülü çəkiclərin köməyi ilə işlənir.

Soyuq döymə üsulu da var. Böyük işlək hissəciklər üçün istifadə edilmir.

AT, hissələrin istehsalını birləşdirməyə və ya kiçik partiyaların, tək hissələrin və ya ehtiyat hissələrin istehsalında xərcləri azaltmağa imkan verir. Məhsullar təsdiqləndikdən və fərdiləşdirildikdən sonra AT bazara giriş sürətini artıraraq vaxta və pula qənaət edə bilər.

Əlavə istehsalının istifadəsi və quraşdırılması daha asan ola bilər. Əlavə silsilələr və çökəkliklər, məsamələr barədə mənfi nəticə almağa heç ehtiyac yoxdur, avadanlıq və alətlərin məhdudiyyətlərini aradan qaldıraraq məhsulun funksionallığına diqqət yetirə bilərik. Daxili səthlərin ən mürəkkəb konturlarını düzəldə bilərik və lazım olan hissənin daha sonra yığılması lazım olan bir neçə hissə kimi deyil, tək bir hissə kimi düzəldə bilərik.

AT texnologiyalarının istifadəsi enerji sərfiyyatını yarıya endirir və sonradan artıq metal çıxarmaq lazım deyil, ənənəvi istehsal texnologiyaları ilə müqayisədə materialların alınma qiymətini 90% azaldır.

AT texnologiyalarının bir çox üstünlüklərə malik olmasına baxmayaraq, istifadəsində müəyyən məhdudiyyətlər var. Sənaye printerlərinin dəyəri çox yüksəkdir, bu cür qurğuların istehsalçıları azdır və yeni inkişaf işləri aparmaq üçün tərəflərindən dəstək yoxdur. Sərf olunan materialları da bahalıdır və istehsal prosesində təkrar istifadə imkanları məhduddur.

Additiv texnologiyalarının çox sürətlə inkişaf etməsi və fəaliyyətinin alətlər yaratmağa və inkişaf etdirilməsinə yönəldilməli olması nə hüquqi, nə də sosial strukturlardan qaynaqlanır ki, bu da problemli tərəflərdən biri sayılır.

Əlavə istehsalı üçün materialların bütün ixtisas məsələlərinin həlli çox vəsait tələb edir və beş və ya daha çox il çəkmə bilər. Lazerlə istifadə olunan material arasındakı qarşılıqlı əlaqəni anlamaq xüsusilə vacibdir. İnstitutların qatqı maşınları ilə təchiz edilməsi prosesini də nəzərdə saxlamaq lazımdır.

2012-ci ilin yayında Ohayo ştatının Youngstown şəhərində Milli Aşqarlar İstehsal İnnovasiya İnstitutu (NAMII) - 15 texnoloji institutundan birincisi açıldı. ABŞ Ticarət Nazirliyindən "yenilikçi inkişafın sürətləndirilməsi və rəqabət qabiliyyətinin gücləndirilməsi" məqsədi ilə yaradılan oriyentasiya üsulları tədqiq olundu.

15 institutun yaradılması üçün 1 milyard dollar vəsait ayrılmışdır. NAMII institutunun parkında artıq 10 qatqı maşını var idi ki, bunlardan da üçü "Renishaw AM 250", "ExOne M-Lab" və "POM Synergy 5" metal hissələri sintez etmək üçün ən müasir maşınlardır. GE artıq hissə nəzarət vanaları istehsal etmək üçün 3D çapdan istifadə edir. İndiyə qədər GE reaktiv təyyarə mühərrikləri üçün hissələr istehsal etmək üçün ABŞ-dakı mənzil-qərargahında yalnız 3D printerlərdən istifadə edirdi.

Kariwa bir Matsuura Machinery LUMEX Avance-25 3D metal çap printeri quraşdırıldı. "Dünyadakı yeganə maşın tökmə lazer qat-qat çapı bir emal mərkəzində frezləmə ilə birləşdirmək. mövcud 3D printerlər təxminən 0,1 mm istehsal dəqiqliyi təmin edərək, LUMEX Avance-25 printeri 100 qat daha dəqiqliklə tədqiq edilməsi daha məntiqlidir.

GE Oil & Gas, Yaponiyanın Niigata şəhərindəki Kariwa zavodunda) metal bir 3D printerdən istifadə edir. Masoneilan tərəfindən hazırlanmış və enerji sənayesində istifadə üçün nəzərdə tutulmuş idarəetmə klapanları üçün kompleks konfigurasiya hissələri istehsalı üçün metalın lazerlə sentersləşməsi yolu ilə bir printerin son modeli hazırlanmışdır.

**Nəticə.** 3D çap texnologiyaları inkişaf etməyə davam edəcək və cib telefonlarında və bir çox digər yeni texnologiyalarda olduğu praktikaya əsaslanaraq daha əlçatan olub inkişaf edərək istifadə spektri genişlənəcək.

Bütün hallarda bu texnologiyaların istifadəsi iqtisadi və ticari cəhətdən məqsədəuyğun hesab olunur və faktlarla əsaslandırılır. Burada qeyd edilməlidir ki, AM çərçivəsində dəyişkən həcmli xüsusiyyətlərə malik hissələrin yaradılması xüsusi bir şey deyil.

Məsələn, səth qatının xüsusiyyətlərinin fərqli olacağı bir hissəni çap edə bilərik ki, daxili hissəciklərin xüsusiyyətlərini nəzərdə tutulur. Gələcəkdə birbaşa lazerlə sinterlənmiş hissədə bərkimiş və ya korroziyaya davamlı bir təbəqə yaradaraq ayrı bir səth işləmə əməliyyatını texnoloji dövrdən kənarlaşdırmağa imkan verəcəkdir.

Nəhayət, plastik möhkəmləndirmə həm də sənayemizin inkişafında mühüm bir tendensiyaadır. Bu sahə son illərdə sürətlə inkişaf edir. Bu gün armatur istehsalı üçün istifadə olunan polimerlər 3D printerlərdə istifadə olunanlarla üst-üstə düşmür, lakin bu uyğunsuzluğu aradan qaldırmaq o qədər də çətin deyil.

Ucuz məhsulların kütləvi istehsalı hələ AT texnologiyalarının istifadəsini əhatə etmir, lakin 3D çapdan istifadə edərək xüsusi polimer möhkəmləndirici konstruksiyaların kiçik həcmdə istehsalı az qalır.

Əsas tökmə istehsalının nə olduğunu, harada və hansı şəkildə sərfəli ola biləcəyini anlamaqdır. Buna görə AT texnologiyalarının sürətlə genişlənən qabiliyyətlərinə tökmə istehsalında tətbiqi baxımından diqqətlə baxıb və tədqiq etməyi bacarmaq mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

AT texnologiyası bu gün aerokosmik sənayesində getdikcə daha çox tibbdə, əczaçılıqda, elektrik mühəndisliyində istifadə olunur. Məsələn, Croft Additive Manufacturing, əczaçılıq şirkətləri

üçün filtrlər istehsalına başladı. Tipik sənaye avadanlıqlarının istehsalında bu texnologiyalardan hələ də az istifadə olunur.

Əlavə istehsal bazarının böyümə sürəti ildə təxminən 30% -dir. Digər sahələrlə müqayisədə bu, əhəmiyyətli bir rəqəmdir, ancaq "inqilab" dan danışmaq lazım olduğu qədər böyük deyil. AP bazarının həcmi 3-4 milyard dollardır - bu dünya sənaye istehsalının yüzə yüzə birini (17 trilyon dollar) təşkil edir və 10 ildə belə bir nisbətdə həcm on qat artacaqdır.

### **Ədəbiyyat**

1. Gebhard, A. Additive Fertigungsverfahren: Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping - Tooling – Produktion. Verlag: Carl Hanser, München; 2016, 736 S.
2. Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Verlag: Springer; 2010- 459 p.
3. Pham, D.T., Dimov, S.S. Rapid Manufacturing: the technologies and applications of rapid prototyping and rapid tooling. London-Berlin Heidelberg, 2000. pp. 206.
4. Meyer, R.(Hrg.) Euro-u Rapid 2002 (Tagungsband) Internationale Konferenz zu RP & RT & RM, Frankfurt/Main 2./3. 12.2002. Fraunhofer- Allianz Rapid Prototyping
5. Messe Erfurt AG (Hrg.) Rapid.Tech (Tagungsband) Anwendertagung und Fachausstellung für Rapid-Technologien 25./26.05.04. DESOTRON Verlagsgesellschaft Dr. Günter Hartmann & Partner GbR Erfurt
6. Ambos, E., Hornig, T. et al.: Erfahrungen zum Einsatz von Stereolithographiemodellen in der Giessereitechnik// Giesserei-Praxis Nr. 13/14 1995.
7. Jacobs, P.F. Recent Advances in Rapid tooling from Stereolithography. 3D- Systems, Darmstadt 1997.
8. Jacobs, P.F. Rapid Prototyping&Manufacturing. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn 1992.
9. König, W., Celi, J., Celiker, T. et al.: Rapid Metal Prototyping – Verfahren zur Direktherstellung metalischer Bauteile und Prototypwerkzeuge // VDI-Z 136, H 7/8, S.57-60.

*Məqalə qəbul olunub: 01.03.2021*

*Təvsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov*