



## TEXNİKİ ELMLƏR

### 3D PRINTERLƏRİN ÇEVİK İSTEHSALAT XƏTTİNƏ DAXİL EDİLMƏSİ

Aynurə DÖVLƏTZADƏ , İradə ZEYNALABDİYEVƏ 

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

\*Yazışılan müəllif: [aynur.80d@mail.ru](mailto:aynur.80d@mail.ru)

#### NƏŞR TARİXİ:

Qəbul edilmə tarixi:

03.03.2026

Nəşr edilmə tarixi:

17.03.2026

#### AÇAR SÖZLƏR:

3D çap, əlavə istehsal, çevik istehsal, sürətli prototipləşdirmə, CAD/CAM, ağıllı fabrik, modullaşdırılmış istehsal xətti.

#### XÜLASƏ

Müasir sənaye rəqabətində çevik istehsalat sistemləri bazar tələblərinə tez uyğunlaşmaq və fərdiləşdirilmiş məhsul istehsalını təmin etmək üçün önəmlidir. 3D printerlər bu məqsədə çatmaq üçün əsas texnologiyalardan biridir. Onlar dizayn və prototipləşdirməni sürətləndirir, fərdiləşdirilmiş məhsulların istehsalına imkan verir, alət və ehtiyat hissələrini yerində hazırlamağa kömək edir və rəqəmsal istehsalat zəncirini dəstəkləyir. İstehsal müddətinin qısalması, material tullantılarının azalması, kiçik partiyalar üçün səmərəlilik və dizayn azadlığı. Məhdudiyyətləri isə yüksək ilkin investisiya, material çeşidinin məhdudluğu və ixtisaslı kadr tələbidir.

Nəticədə, 3D printerlərin çevik istehsalat xəttinə inteqrasiyası sənayenin sürətli, çevik və müştəriyəmənlü olmasını təmin edir və sənaye 4.0 çərçivəsində gələcəyin əsas texnologiyasıdır.

## GİRİŞ

Çevik istehsalat (Agile Manufacturing) istehsal proseslərinin bazar tələblərinə sürətli uyğunlaşmasını, fərdiləşdirilməni və xərclərin optimallaşdırılmasını təmin edən müasir yanaşmadır. Bu sistem müştəri ehtiyaclarına operativ cavab vermək və istehsal proseslərinin elastikliyinə artırmaq məqsədilə texnologiyaları və idarəetmə metodlarını birləşdirir. Çevik istehsalatın əsas prinsipləri məhsuldarlığı artırmaq, istehsal xərclərini azaltmaq və rəqabət üstünlüyü yaratmaqdır. Bu prinsiplərin reallaşmasında 3D printerlər əvəzsiz rol oynayır.

Son onillikdə qlobal istehsalat sənayesi sürətlə dəyişməkdədir. Əvvəllər yüksək həcmələr üçün optimallaşdırılan ənənəvi istehsal sistemləri artıq bazarın dəyişən tələbinə adekvat cavab vermir. Müasir dövrdə müştərilər daha çox fərdiləşmiş məhsullar tələb edir və bu tələbat istehsal müəssisələrindən daha çevik, daha sürətli və daha iqtisadi həllər tələb edir. Bu kontekstdə 3D çap və additiv istehsal texnologiyaları çevik istehsalat sistemlərinin əsas komponentinə çevirməkdədir.

3D printerlərin istehsalat xəttinə inteqrasiyası yalnız yeni avadanlıq əlavə etmək deyil, bütövlükdə istehsalatın planlanması, təchizat zənciri, məhsul dizaynı və əməliyyat modellərinin yenidən qurulması deməkdir. Çevik istehsalatda məqsəd dəyişən tələbi minimal vaxt və resurs sərfi ilə qarşılıyacaq elastik sistem qurmaqdır. 3D çap bu məqsədlərə yüksək uyğunluğu ilə seçilir: material sərfi azdır, dizayn məhdudiyyətləri minimallaşır, istehsal coğrafiyası məkanca yaxınlaşdırılır və fərdiləşdirilmiş istehsal yüksək sürətlə həyata keçirilə bilər.

Son vaxtlar aparılan tədqiqatlar göstərir ki, 3D çapın istehsalata inteqrasiyası müxtəlif sənaye sahələrində səmərəliliyi əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Bir sıra beynəlxalq elmi mənbələrdə (ASTM, ISO, AMUG Conference materialları və s.) vurğulanır ki, additiv istehsalın ən böyük üstünlüyü odur ki, məhsulların dizaynı istehsal xətlərinin məhdudiyyətindən daha az asılı olur.

Çevik istehsalatın nəzəri bazası Lean və Agile metodologiyalarına dayanır. Lean israfın azaldılmasını hədəfləyir, Agile isə tələbin dəyişməsinə dinamik cavabı ön plana çıxarır. Tədqiqatların əksəriyyəti bu iki yanaşmanın 3D çapla birləşdirildikdə istehsalatı daha optimallaşdırdığını göstərir.

Xüsusilə kütləvi fərdiləşdirmə (Mass Customization) sahəsində aparılan araşdırmalar 3D çapın çevik istehsalatın gələcək nüvəsi olacağını göstərir.

3D printerlərin istehsalat xəttinə daxil edilməsi prosesində əsasən aşağıdakı texniki komponentlər nəzərə alınır:

1. Rəqəmsal dizayn və CAD/PLM inteqrasiyası

Məhsulun üçölçülü modelinin CAD proqramında hazırlanması istehsalat xəttində avtomatik emal üçün vacibdir. PLM sistemləri vasitəsilə dizayn istehsal prosesinə real vaxtda ötürülür və dəyişikliklər dərhal tətbiq oluna bilər.

2. Avtomatlaşdırılmış modul hüceyrələr

Sənayedə ən geniş istifadə edilən modellərdən biri 3D çap hüceyrələridir. Bu hüceyrələr aşağıdakılardan ibarət ola bilər:

3D printer, avtomatlaşdırılmış material yükləyicisi, Post-processing bölməsi (təmizləmə, istilik emalı, üyütmə), sensor və maşın-görmə modulları. Bu hüceyrələr xəttə asanlıqla əlavə oluna və Kanban sistemlərinə inteqrasiya edilə bilər.

3. Material axınının idarə olunması

Additiv istehsalda istifadə olunan materiallar — polimer tozlar, metal tozları, reçinələr — digər istehsal metodlarından fərqli xüsusiyyətlərə malikdir. Ona görə də materialın saxlanması, nəmlikdən qorunması və avtomatik qidalanma sistemi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

4. AI əsaslı istehsal planlama

Süni intellekt çap prosesinin optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır:

Enerji-həcm nisbətlərinin tənzimlənməsi. Çap trayektoriyasının optimallaşdırılması:

Qüsurların real vaxtda aşkarlanması:

5. Sənaye tətbiqləri: real nümunələr və səmərəlilik

3D çapın çevik istehsalata inteqrasiyası artıq bir çox sektorda konkret üstünlüklər göstərmişdir. Metal toz əsaslı 3D çap titan və inconel materiallı detalların istehsalında istifadə olunur. Bu detallar ənənəvi frezlərlə istehsalda daha yüngül və daha dayanıqlı olur. Prototiplər, xüsusi ehtiyat hissələri, aerodinamik komponentlər artıq birbaşa istehsalda çap olunur. Bu, məhsul inkişaf dövrünü 30–60% azaldır.

Ortopedik implantlar, diş protezləri, fərdiləşmiş cərrahi alətlər — 3D çapın ən geniş istifadə sahələrindəndir. Xəstəyə uyğun hazırlanması əməliyyat uğur faizini artırır. Qısa seriyalı istehsal üçün ideal olduğu üçün kiçik və orta müəssisələr də 3D çapı istehsalat xətlərinə əlavə etməyə başlayır.

3D printerlər, rəqəmsal model əsasında materialı qat-qat əlavə etməklə məmulat istehsal edən avadanlıqlardır. Ənənəvi çıxarıcı üsullardan fərqli olaraq, bu texnologiyada material itkisi minimuma endirilir, mürəkkəb dizayn və struktur həndəsələr asanlıqla həyata keçirilir. 3D printerlər plastik, metal, kompozit və hətta bioloji materiallar kimi müxtəlif materiallarla işləyə bilər. Bu texnologiyanın əsas növləri arasında FDM (Fused Deposition Modeling), SLA (Stereolithography), SLS (Selective Laser Sintering) və DMLS (Direct Metal Laser Sintering) yer alır.

3D printerlərin çevik istehsalatda istifadəsi bir neçə əsas üstünlük təqdim edir:

Sürətli Prototipləmə: Dizayn ideyaları saatlar və ya günlər ərzində real nümunəyə çevrilir. Bu, məhsul inkişafı prosesini sürətləndirir və bazara çıxış müddətini qısaltır.

Fərdiləşdirmə: Kiçik partiyalar və fərdi sifarişlərin iqtisadi cəhətdən səmərəli istehsalı mümkündür. Müştəri tələblərinə uyğun məhsullar tez və ucuz şəkildə hazırlanır.

İstehsal Çevikliyi: Alətləmə və qəlib ehtiyacı azalır, istehsal xətti tez bir zamanda yenidən konfigurasiya oluna bilər. Bu da bazardakı dəyişikliklərə operativ reaksiya verməyə imkan yaradır.

Rəqəmsal İnteqrasiya: 3D printerlər CAD/CAM, ERP və IoT sistemləri ilə birbaşa əlaqə quraraq istehsal proseslərini avtomatlaşdırır və optimallaşdırır.

3D printerlər müxtəlif sənaye sahələrində geniş tətbiq olunur:

Avtomobil Sənayesi: Prototiplərin hazırlanması, alətlərin və yüngül konstruksiyaların istehsalı.

Aviasiya Sənayesi: Yüngül və möhkəm komponentlərin istehsalı, hava gəmilərində yanacaq səmərəliliyini artırmaq üçün yüngül materialların istifadəsi.

Elektronika: Funksional komponentlər, korpuslar və xüsusi cihaz hissələrinin hazırlanması.

**Təhsil və Tədqiqat:** Dizayn və mühəndislik təcrübələrində sürətli prototipləmə və təcrübə materiallarının hazırlanması.

Yeni materialların inkişafı, çoxmateriallı və metal 3D çap texnologiyaları, süni intellektlə optimallaşdırma və kütləvi fərdiləşdirmə imkanları 3D printerlərin çevik istehsalatdakı rolunu daha da gücləndirəcək. Ağıllı fabrik konsepsiyası və avtomatlaşdırılmış istehsal xətləri ilə birləşdirildikdə, 3D printerlər sənaye müəssisələrinin rəqabət qabiliyyətini artıracaq və istehsal proseslərini daha dayanıqlı edəcək.

3D printerlər çevik istehsalatın əsas prinsiplərinə uyğun olaraq sürət, çeviklik və innovasiya tələblərini effektiv şəkildə qarşılayır. Düzgün inteqrasiya edildikdə, onlar sənaye müəssisələrinə rəqabət üstünlüyü qazandırır, istehsal xərclərini azaldır və istehsalın gələcək inkişafına töhfə verir. Bu texnologiya çevik istehsalatın mərkəzində duraraq sənayenin gələcək perspektivlərini formalaşdırır.

Gələcəkdə yeni material və çoxmateriallı çap texnologiyaları, süni intellektlə optimallaşdırma və kütləvi fərdiləşdirmə imkanları 3D printerlərin çevik istehsalatdakı rolunu daha da gücləndirəcək.

Beləliklə, 3D printerlər sənayenin inkişafında rəqabət üstünlüyü yaradan, innovativ və çevik istehsalın mərkəzində duran texnologiya kimi önəmli yer tutur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Springer, 2021.
2. Chua, C. K., Leong, K. F., Lim, C. S. Rapid Prototyping: Principles and Applications. World Scientific, 2017.
3. Hopkinson, N., Hague, R., Dickens, P. Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age. John Wiley & Sons, 2006.
4. Kalpakjian, S., Schmid, S. R. Manufacturing Engineering and Technology. Pearson, 2020.
5. ISO/ASTM 52900: Additive Manufacturing – General Principles – Terminology. 2015.

## РЕЗЮМЕ

### ВНЕДРЕНИЕ 3D-ПРИНТЕРОВ В ГИБКУЮ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ЛИНИЮ

**Довлетзаде Айнура, Ирада Зейналабдиева**

В современных условиях промышленной конкуренции гибкие производственные системы важны для быстрой адаптации к рыночным требованиям и производства индивидуализированных изделий. 3D-принтеры являются ключевой технологией для достижения этих целей. Они ускоряют разработку и прототипирование, позволяют производить индивидуализированные продукты, изготавливать инструменты и запасные части на месте, а также поддерживают цифровую производственную цепочку.

Преимущества: сокращение времени производства, уменьшение потерь материала, эффективность для малых партий и свобода дизайна. Ограничения: высокая начальная инвестиция, ограниченный выбор материалов и необходимость квалифицированного персонала. В итоге, интеграция 3D-принтеров в гибкие производственные линии обеспечивает быстрое, адаптивное и ориентированное на клиента производство и является ключевой технологией будущего в рамках индустрии 4.0.

**Ключевые слова:** 3D печать, аддитивное производство, гибкое производство, быстрое прототипирование, CAD/CAM, умная фабрика, модульная производственная линия.

## SUMMARY

### INTEGRATION OF 3D PRINTERS INTO A FLEXIBLE PRODUCTION LINE

**Aynura Dovletzade, Irada Zeynalabdiyeva**

In modern industrial competition, flexible manufacturing systems are essential for quickly adapting to market demands and producing customized products. 3D printers are a key technology to achieve these goals. They accelerate design and prototyping, enable customized production, allow on-site fabrication of tools and spare parts, and support a fully digital production chain.

Advantages include reduced production time, minimized material waste, cost-effectiveness for small batches, and design freedom. Limitations involve high initial investment, limited material options, and the need for skilled personnel.

In conclusion, integrating 3D printers into flexible manufacturing lines ensures fast, adaptive, and customer-oriented production and represents a core technology for the future within Industry 4.0.

**Keywords:** *3D printing, additive manufacturing, agile production, rapid prototyping, CAD/CAM, smart factory, modular production line.*