

## INSON ICHKI A'ZOLARINING MODELLARINI YARATISHDA 3D PRINTERLARDAN FOYDALANISH

*Begzodbek Sobirov*

*“Tibbiy-biologik apparatlar, tizimlar va majmualar”  
mutaxassisligi magistranti, Andijon Mashinasozlik Instituti*

**Annotatsiya.** Hozirgi kunda inson ichki a'zolarining modellarini yaratishda 3D printerlardan foydalanish ko'rsatkichi kundan-kunga rivojlanib o'sib bormoqda. Ushbu maqolada organ modellarini chop etish uchun qaysi texnologiya eng mos kelishini tanlash jarayonini ko'rib chiqamiz. Shuningdek, biz ushbu jarayon uchun chop etilgan sinov modellarini ko'rib chiqamiz. Tibbiyotda turli xil texnologiyalar, ishlab chiqaruvchilar, materiallar va xususiy nomlar mavjud.

**Kalit so'zlar:** 3D printer, materialize sintered model, TPU 92A-1, termoplastik poliuretan, Materialize Heartflex modeli.

### Using 3D printers to create models of human internal organs

Begzodbek Sobirov

Master's degree student in  
“Medical-biological devices, systems and complexes”  
Andijan machine building institute

**Abstract.** Nowadays, the rate of using 3D printers in creating models of human internal organs is growing day by day. And this industry has always justified itself. In this article, we will consider the process of choosing which technology is most suitable for printing organ models. We will also review the test models published for this project. There are many different technologies, manufacturers, materials and proprietary names in medicine.

**Keywords:** 3D printer, materialize sintered model, TPU 92A-1, thermoplastic polyurethane, Materialize Heartflex model.

### Kirish. Yurak modelining xarakteristikalarini.

Haqiqiy operatsiyalarga tayyorgarlik ko'rayotganda yoki tashxis qo'yish to'g'risida qaror qabul qilganda, yurak modeli haqida aniq taassurot qoldirishi juda muhimdir. Xuddi shu narsa 3D bosilgan yurak modeli uchun ham amal qiladi, model aniq bo'lishi va haqiqiy yurak anatomiyasini takrorlashi kerak. Kasalxonadagi loyiha guruhidagi ba'zi muhokamalardan so'ng, jarrohlar va kardiologlar bemorning o'ziga xos modelida izlayotgan ba'zi namunaviy xususiyatlar aniqlandi. Birinchidan, ular model imkon qadar haqiqiy yurak uchun haqiqiy bo'lishi kerakligini taklif qilishdi. Bu

shuni anglatadiki, model ideal tarzda arterial to'qimalarga ega bo'lgan moslashuvchan materialdan tayyorlanishi kerak. Bu model bilan ishlashda foydalanuvchiga ko'proq teginish hissi beradi. Moslashuvchan material uni oddiy asboblardan bilan modelni kesish va kesish, shuningdek, klapanlar yoki jismoniy asboblarni sinab ko'rish imkonini berishi kerak. Ikkinchidan, agar model shaffof materialda bo'lsa, foydali bo'lishi mumkin. Bu modeldagi anatomik tuzilmalarni modelni kesmasdan va ochmasdan ko'rishni osonlashtirishi mumkin. Nihoyat, ular butun yurakni bir nashrda chop etishni xohlashdi. Bu ba'zi texnologiyalar uchun qiyin bo'lishi mumkin, chunki yopiq yurak modelida ushbu qo'llab-quvvatlovchi tuzilmalarni olib tashlashning iloji bo'lmasligi mumkin.

### **Amaliy qism. Inson yuragi modellarini yaratishda 3D printerlar.**

**1. Materialize sintered model** Materialize prototiplash va tibbiy 3D bosib chiqarishga ixtisoslashgan 3D bosib chiqarish xizmati kompaniyasidir. Ular tibbiy dasturlarni, shuningdek, tibbiy ilovalar uchun 3D bosib chiqarishni ishlab chiqdilar. Sinterlangan modelni chop etish uchun fon shundan iborat ediki, u nazariy jihatdan bosib chiqarishdan keyin qo'llab-quvvatlashni olib tashlash, shuningdek ishlab chiqarish oson bo'lishi kerak.

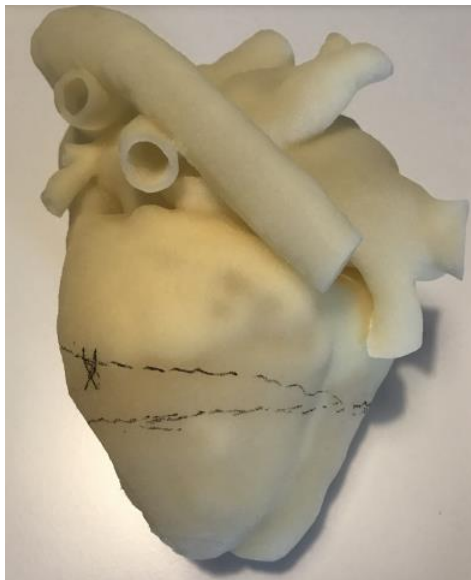
TPU 92A-1, termoplastik poliuretan, to'liq ishlaydigan moslashuvchan va mustahkam materialdir. TPU 92A-1 bardoshli egiluvchanlik, yuqori yirtilib ketish va ishqalanishga chidamlilik, dinamik yuklanishga yuqori qarshilik, tezkor javob va yaxshi termal qarshilik (-20°C dan 80°C) sifatlarini o'zida mujassam etgan yagona 3D bosib chiqarish materialidir.[1]

Afsuski, material shaffof emas, lekin jarrohlar va kardiologlarning baholashi modelni oldindan rejalashtirish jarayonida ishlatish qanchalik muhimligini ko'rsatadi. Keyingi sahifadagi 1-rasmda butun SLS bosilgan yurak modeli ko'rsatilgan, nuqtali chiziqlar baholashdan oldin qayerda kesilishi kerakligini ko'rsatadi.

3D bosib chiqarish xizmatlaridan buyurtma berishda siz faqat STL faylini yuborishingiz va tayyor model kelishini kutishingiz kerak. Sinterlangan model chop etish, yuborish va jo'natish uchun 810 dollar turadi. SLS mashinasi bilan chop etishning sabablaridan biri qo'llab-quvvatlovchi materialni olib tashlash oson bo'lishi kerak edi. Bu kutilganidek oson bo'lmadi va Materialize barcha qo'llab-quvvatlovchi materiallarni olib tashlash uchun yurakni ikkiga bo'lishi kerak edi. Barcha tayanchlarni olib tashlagach, ular qismlarni bir-biriga yopishtirdilar va bu modelning vizual ko'rinishiga unchalik ta'sir qilmadi. Yuzaki qoplama kutilganidek donli va material juda qattiq edi, ammo tomirlarni quruvchi nozik qatlamlar yanada moslashuvchan edi. Ba'zi qismlar moslashuvchan bo'lsa ham, moslashuvchanlik haqiqiy to'qimalarga yaqin emas edi. Materialning sifati ham yaxshi edi va yirtiqlar yoki deformatsiyalar belgilari yo'q edi.

Asosiy xususiyatlar va birinchi taassurot:

- Printer: Materialize da SLS mashinasida chop etilgan
- Material: TPU 92A-1
- Narxi: 810\$
- Shaffof emas
- Ba'zi joylarda yarim egiluvchan
- Donador to'qimalar
- Vizual yirtilar yoki deformatsiyalar yo'q



**1-rasm: Materialize'dan SLS modeli**

**2. Materialize Heartflex modeli** Materialize kompaniyasidan buyurtma qilingan modellarning ikkitasi, ikkinchisi esa Heartflex yorlig'i bilan belgilangan xususiy materialdan foydalangan holda materiallarni oqimlash mashinasida yaratilgan. Materialize tibbiyot sanoatidagi yetakchi 3D printer xizmatlaridan biri hisoblanadi. Ular ushbu turdagi modellarni chop etishda ko'p yillik tajribaga ega va ular o'zlarining materiallarini ham ishlab chiqdilar. Heartflex materiali inson arterial to'qimalarining xususiyatlarini taqlid qilish uchun ishlab chiqilgan. Materialise ma'lumotlariga ko'ra, ushbu material yordamida model yaratish nafaqat yurakning to'g'ri geometriyasini taklif qiladi, balki haqiqiy anatomiyani moddiy harakatini ham taqlid qiladi. Bu xususiyatlar robotli jarrohlik ko'nikmalarini o'rgatish, aniq modellashtirish va tasdiqlash uchun zarurdir. Quyidagi sahifadagi 2-rasmda Heartflex modeli ko'rsatilgan, siz materialning SLS modeliga qaraganda shaffofroq ekanligini aniq ko'rishingiz mumkin.

Materialni chop etuvchi printer va xususiy materialdan foydalanish tufayli model jami 1733\$ turadi. Bu xuddi shu modelni ishlab chiqarish narxidan ikki baravar ko'p

TPU materialida SLS mashinasida. Boshqa tomondan, ushbu model jarrohlar va klinitsyenlarning barcha mezonlariga aniq javob berdi. Material kutilgandek moslashuvchan va shaffof edi. Silliq sirt uni haqiqiy yurakka yaqinlashtiradi. Model

Stratasys Objet mashinasida eriydigan tayanch moddasi bilan chop etilgan. U erda yupqa devorlari bo'lgan qismlarda va tomirlarning oxirida kichik yoriqlarbor. Bu biz modelni olishimizdan oldin Materialize tomonidan yopishtirilgan. Bu yoriqlar, ehtimol, qo'llab-quvvatlovchi tuzilmalarni olib tashlash uchun suv yoki eritmani qayta ishlash jarayonida yuzaga kelgan. Kichkina yoriqlar vizual ko'rinishga ozgina ta'sir qildi va modelning yirtiqqa chidamliligi yaxshi ko'rinardi.



2-rasm: Materialize'dan Heartflex modeli

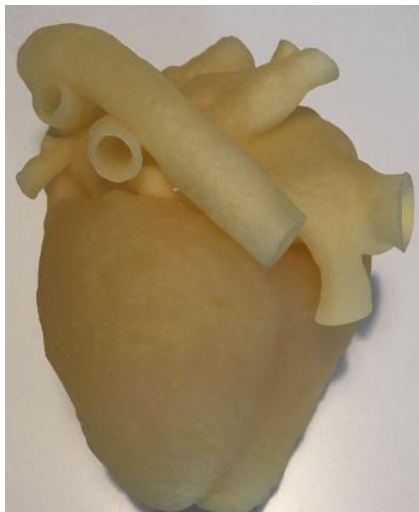
Asosiy xususiyatlar va birinchi taassurot:

- Printer: Materialize-da ob'ekt mashinasi (Materiallarni oqimlash).
- Material: Heartflex (xususiy material)
- Narxi: 1733\$
- Shaffof
- Moslashuvchan
- Silliq tekstura
- Ba'zi joylarda kichik yoriqlari
- Hozirgi texnologiya imkoniyatlarini ifodalaydi

**3. 3D tizimlari modeli.** Uchinchi model Norvegiyadagi 3D tizim distribyutorlaridan biri Canon tomonidan 3D tizimli printerda chop etilgan. Canon o'z printerini ishlab chiqarishi mumkin bo'lgan namuna sifatida modelni chop etdi va bu OUSda loyihani zaryad qilmasdan amalga oshirildi. Biz narx va jarayon haqida qo'shimcha ma'lumot olishga harakat qildik, ammo Canon vakillari bilan bog'lanish qiyin bo'ldi. Ushbu o'lchamdagi yurak modeli uchun operatsion xarajatlar 1000 dollardan 1300 dollargacha bo'lishi taxmin qilinmoqda. Ba'zi materiallar namunalari va materiallarni chop etuvchi printerlar uchun materiallar mosligiga asoslanib, model Projet MJP 5000 yoki ushbu printer seriyasining yangi vorislari bilan chop etilgan deb ishoniladi. VisiJet CE-NT - bu qurilish materialining nomi va moslashuvchan va shaffof bo'lishni va'da qiladi. Stratasys mashinalari bilan solishtirganda 3D-tizimli materiallarni jo'natish mashinalarining afzalliklaridan biri shundaki, qo'llab-

quvvatlovchi material mumdan qilingan. Mumga asoslangan qo'llab-quvvatlovchi materialni olib tashlash uchun mumni eritish uchun faqat past haroratda pechni talab qiladi va modelni egib, eritilgan mumni to'kish mumkin bo'lishi kerak. Suv yoki eritma uchun biroz bosim/oqim tizimini talab qiladigan Stratasys eruvchan qo'llab-quvvatlashiga nisbatan buni olib tashlash osonroq bo'lishi kerak.

Vizual ko'rinishga kelsak, sirt qoplamasi kutilganidek silliq bo'ldi. Boshqa tomondan, moslashuvchanlik va shaffoflik kutilganidek emas edi. Model o'zini mum bo'lagidek his qildi va masalan, tomirlarni bosganda, geometriya joyiga qaytmadi, balki u bosilgan holatda ma'lum darajada qoldi. Shaffoflik haqida gap ketganda, sariq rangga o'xshash rang bor edi. butun model bo'yicha. Bu qo'llab-quvvatlovchi materialning to'g'ri chiqarilmaganligi yoki model yuqori haroratda qizdirilgan bo'lishi mumkin. U kelganda hech qanday yirtiq yoki deformatsiya belgilari yo'q, lekin bosimga duchor bo'lganda, xususiyatlar va model biroz deformatsiyaga uchradi. Oldingi sahifadagi 3-rasmda Canon modeli ko'rsatilgan, siz materialda sariq rangni aniq ko'rishingiz mumkin.



3-rasm: Canon modeli

Asosiy xususiyatlar va birinchi taassurot:

- Printer: ProJet MJP 5000 yoki undan yangiroq
- Material: VisiJet CE-NT
- Narxi: 1000\$ - 1300\$ dan
- Shaffof emas, sariq rangga o'xshaydi
- Heartflexdan kamroq moslashuvchan, lekin TPUdan ko'proq
- Silliq tekstura
- Yoriqlaryo'q
- Mumsimon , teginanda osongina deformatsiyalanadi

**4.IFI modeli.** Oxirgi model ROBIN guruhi tomonidan IFI da chop etilgan. U Connex 500-da chop etilgan, bu Stratasys kompaniyasining eski material chop etish

printer. TangoPlus qo'llab-quvvatlovchi material sifatida Fullcure 705 bilan qurilish materiali sifatida ishlatilgan. TangoPlus taxminan 4000 NOK turadi, bu 1,44 kg patron uchun taxminan 475 dollar. IFI da qo'llab-quvvatlovchi materialni olib tashlash uchun bosimli yuvish kamerasi mavjud. Bu bizni faqat yurakning yarmini bosib chiqarishni cheklab qo'ydi, chunki qon aylanish tizimisiz yopiq yurakdan qo'llab-quvvatlash strukturasi olib tashlash mumkin emas edi. Yurakning faqat yarmi bosilgan bo'lsa ham, barcha qo'llab-quvvatlovchi tuzilmalarni bosim bilan yuvish uchun ko'p soatlik zerikarli ish kerak bo'ldi. Bosimli yuvish vositasidan foydalanganda siz ham yupqa devorlarning yirtilishi va deformatsiyasiga va yurakdagi kichik xususiyatlarga duch kelasiz. So'nggi yillarda Stratasys fullcure 706 yoki SUP706 deb nomlangan yangi yordamchi materialni ishlab chiqdi. Buni 705 qo'llab-quvvatlashning yangi versiyasi sifatida ko'rish mumkin va undan ham ko'proq eriydi va olib tashlash unchalik qiyin emas. Ushbu tayanch bilan chop etilgan modellarni bir muddat iliq suvda namlash mumkin, bu esa qattiq SUP706 materialini yumshatadi. Keyin yumshatilgan SUP706 ni olib tashlash uchun tez chayish va keyingi ishlov berish tugallanadi.

TangoPlus ham moslashuvchan, ham shaffof, salbiy tomoni shundaki, yirtiqqa chidamliligi boshqa modellar kabi yaxshi emas. Sirt qoplamasi kutilgandek silliq, tayanchni olib tashlash natijasida bir oz yoriqlar bor va yirtiqqa chidamlilik boshqa modellarga qaraganda yomon ko'rinadi. 4-rasmda IFIda chop etilgan model ko'rsatilgan, siz modelning yuqori qismida ishlov berish yoki ishlov berishdan keyin ba'zi yoriqlar borligini aniq ko'rishingiz mumkin.



4-rasm: Materialize'dan Heartflex modeli

Asosiy xususiyatlar va birinchi taassurot:

- Printer: Connex 500, IFI da chop etilgan
- Material: TangoPlus
- Narxi: 1,44 kg patron uchun 475\$



- Shaffof, Heartflexdan ko'ra ko'proq "bulutli"
- Heartflex bilan bir xil moslashuvchanlikka yaqin
- Silliq tekstura
- Modelning yuqori qismida bir oz yoriqlarbor
- Boshqa modellarga nisbatan yirtiqqa chidamliligi past



5-rasm: Chapdan o'ngga: Canon, Heartflex, IFI va Materialize SLS

### **Xulosa. Modellarni taqqoslash.**

5-rasmda har bir modelning har xil ko'rinishi ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, Canon va SLS modellari kamroq shaffof modellardir. IFI da yaratilgan modelning shaffofligi Canon va SLS modellariga qaraganda yaxshiroq, lekin rasmdan Heartflex modelidan biroz bulutliroq ekanligini ko'rish mumkin.

Ba'zi post ishlov berish bilan IFI modeli shaffofroq bo'lishi mumkin edi, shuning uchun Heartflex modeliga yaqinlashish mutlaqo mumkin edi. Moslashuvchanlik haqida gap ketganda, Heartflex eng yaxshi modeldir. Yaqin orada Heartflex modeli bilan deyarli bir xil bo'lgan IFI modeli keladi. Ikkala Canon va SLS modeli moslashuvchanlik nuqtai nazaridan cheklangan va haqiqiy arterial to'qimalar bilan solishtirganda aniqlikdan uzoqdir. Yirilish qarshiligi haqida gap ketganda, SLS modeli kutilganidek eng yaxshi modeldir. Canon va Heartflex juda o'xshash edi, lekin aytib o'tilganidek, Canon modeli deformatsiyalarga juda moyil. Agar siz Canon va Heartflex modellarida bir nuqtada bossangiz, Heartflex deyarli darhol joyiga qaytadi, Canon modeli esa bir muncha vaqt bosilganda qoladi va asl holatiga qaytmaydi. IFI modeli, shuningdek, yirtiqqa chidamlilik haqida gap ketganda, eng yomoni bo'ldi, bu juda kuchli qayta ishlash jarayoni bilan bog'liq bo'lishi mumkin va SUP706 yangi qo'llab-quvvatlash materiali bu muammoni hal qilishi mumkin. Ushbu modellarni taqqoslashda narx ham muhim omil hisoblanadi. Modellarni chop etish uchun SLS dan foydalanish operatsion xarajatlar haqida gap ketganda eng arzon alternativa bo'ladi. 3D tizimlari va Stratasys operatsion xarajatlari o'rtasida unchalik katta farq yo'q, lekin, masalan, Materialise'dan buyurtma berishdan ko'ra, uzoq muddatda saytda 3D printer

xizmatini yo'lga qo'yish ancha arzon bo'lishi aniq. 3D bosib chiqarish nuqtai nazaridan Heartflex jarrohlari va klinisyenlarning barcha mezonlariga javob beradigan modeldir. Uning orqasida yaxshi shaffoflik, moslashuvchanlik va narxga ega bo'lgan IFI bosilgan model mavjud. Salbiy tomoni shundaki, bu model eng zaif model bo'lib, ehtiyotkorlik bilan ishlashni talab qiladi. Canon va SLS modellari bir xil kamchiliklarga ega, ikkalasi ham faqat yarim egiluvchan va qalinroq qismlar qattiq ko'rinadi va shaffof emas. Modellar o'rtasida ba'zi farqlar mavjud bo'lsa-da, jarrohlari va kardiologlarning dastlabki talablari ularning oldida model bo'lganda juda muhim ekanligiga ishonch yo'q. Masalan, foydalanuvchilarning ko'pchiligi shaffof model o'rniga qattiq va yirtiqqa chidamli modelni afzal ko'rishi mumkin.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. ABDUVOKHIDOV, K., ISMOILJONOV, Y., & KOMILOV, B. (2021). Quality management systems in healthcare: myths and reality. *Universum*, 70-74.
2. Bakhromjon, K., Azizbek, Y., Gullola, U., & Khalilillo, A. (2021). Quality Control and Metrological Service in the Field of Medicine. *Universum: технические науки*, (9-2 (90)), 61-64.
3. Khalilillo, A., Bekzodbek, K., & Gullola, U. (2021). QUALITY CONTROL OF MEDICAL AND PHARMACEUTICAL GOODS AND STANDARDIZATION. *Universum: технические науки*, (9-2 (90)), 65-69.
4. Ubaydullayeva, G., Ismoiljonov, Y. K. O. G. L., Abdujabborov, O. O. O. G. L., & Muhammadjonov, S. S. O. G. L. (2022). Energiya Menejmenti tizimi (ISO 50001: 2018) standarti va uning xususiyatlari. *Science and Education*, 3(4), 149-156.
5. Ubaydullayeva, G., Abdujabborov, O. O. O. G. L., Tursunov, B. T. O. G. L., & Ismoiljonov, Y. K. O. G. L. (2022). Samarali ishlab chiqarish tizimida xarajatlarni kamaytirish orqali foydaga erishish. *Science and Education*, 3(3), 1143-1149.
6. Christoffer Oistad "3D printing patient-specific organ models" UNIVERSITY OF OSLO Autumn 2017
7. Khalilillo, A., Yodgorbek, I., & Bekzodbek, K. (2021). QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS IN HEALTHCARE: MYTHS AND REALITY. *Universum: технические науки*, (9-2 (90)), 70-74.
8. Ubaydullayeva, G., & Gulamov, S. (2023). O'zbekiston Respublikasi sog'liqni saqlash tizimida metrologik xizmatning ahamiyati. *Science and Education*, 4(2), 692-697.
9. Sobirov, B. (2023). Tibbiyotda 3D printerning qo'llanilishi. *Science and Education*, 4(2), 750-754.
10. [www.stat.uz](http://www.stat.uz)
11. [www.gov.uz](http://www.gov.uz)
12. [www.ssv.uz](http://www.ssv.uz)