

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ**

---

Magistr hazırlığı üçün

**«BƏRPA PROSESİNDƏ İSTİLİK  
FİZİKASI»**

fənninin

**P R O Q R A M I**

060646– “Təkrar emal və bərpa texnologiyaları  
mühəndisliyi” ixtisası (proqramı) üzrə

Azərbaycan Respublikasının Təhsil  
Nazirliyinin 26 may 2015- ci il  
tarixli 599 sayılı əmri ilə təsdiq  
edilmişdir.

**BAKİ – 2015**

Tərtib etdi:

baş müəllim, t.f.d:

Fərhad Məhəmməd oğlu Şirzadov

060646– “Təkrar emal və bərpa texnologiyaları mühəndisliyi” ixtisası (proqramı) üzrə magistr hazırlığı üçün **“Bərpa prosesində istilik fizikası”** fənninin proqramı. AzTU, Bakı – 2015. 11 s.

***Rəy verənlər:*** AzTU- nun “Metalkəsən dəzgahlar və alətlər” kafedrasının müdiri, ***dos., t.f.d. Rzayev E.D.***;  
AzMIU- nun “Texnoloji maşınlar və avdanlıqlar” kafedrası, ***dos., t.e.n. Bayramov A.M.***

---

Azərbaycan Texniki Universiteti

## İZAHAT VƏRƏQİ

Fənnin tədrisinə ayrılan saatların miqdarı	– 60 s.
o cümlədən mühazirə	– 45 s.
məşğələ	–15 s.

### Fənnin tədrisinin məqsədi

Materialın əriməsinə imkan verən kifayət qədər temperatur əldə etmək üçün, əritmə texnikasında müxtəlif istilik mənbələri istifadə olunur. Bunlara, qaz alovu, elektroışıq qövsü, Joul müqaviməti ilə qızdırma, induksiya, sürtünmə enerjisi, ekzotermik kimyəvi reaksiya, lazer süası və elektron axını aiddir. Bu istilik mənbələri 200- dən artıq müxtəlif, qaynaq üsullarında tətbiq olunur. Qeyd olunan üsulların xarakterindən asılı olaraq, prosesin istilik fizikası da müxtəlifdir.

Bərpa prosesində istilik mənbəyi səthin keyfiyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etdiyindən, onun fizikasının, materiala təsirinin öyrənilməsi vacibdir ki, bununla da səthin fiziki-mexaniki, hündəsi, kimyəvi, tribotexniki və s.

parametrlərinə və prosesin məhsuldarlığına əhəmiyyətli təsir etmək olar.

Tədris olunan fənnin məqsədi magistrlərə əritmə prosesləri haqda nəzəri və praktik informasiyalar vermək və onlara qarşıya qoyulacaq hər hansı bir problemin həllində aldıkları biliklərə əsaslanaraq, səmərəli layihələndirmə əməliyyatını aşılamaqdır. Tədrisin praktik olaraq qavranılmasında, real proseslərin fotosəkilləri və videomaterialları, laboratoriya təchizatları mühüm rol oynayacaqdır.

İstilik fizikası və proseslərin riyazi təsviri haqda nəzəri məlumatları dərk etmiş tələbələr, proseslərin mahiyyətini dərk edərək, real əməliyyatların modelinin qurulması və prosesin optimallaşdırılmasında təcrübə əldə edəcəklər.

Maxvell, ANSYS və FlexPDE sonlu element (FEM) proqramlarının enerji məsələlərinə tətbiqi bacarığına məşqlərlə yiyələnmiş magistrlər, artıq prosesin kompyuterlə layihələndirilməsi ilə müasir elmə inteqrasiya olacaqlar. Belə bir proqramların köməyi ilə prosesin riyazi hesablanması ilə yanaşı, həmçinin onun vizuallaşdırılması və animasiyası da mümkündür.

№	Mövzunun adı	Cəmi (saat)	O cümlədən	
			Mühazirə	Məşğələ
	Giriş. Fənnin məqsədi və əsas məsələləri	2	2	-
1	Müxtəlif bəpa üsulları və materialın əridilməsi üçün bunların yaratdıqları temperatur mənbələrinin fizikası haqda qısa məlumat	14	10	4
2	Qaynaq prosesinin riyazi-fiziki təsviri	7	5	2
3	Material xüsusiyyətlərinin temperaturdan asılılığı	6	4	2
4	Temperatur sahəsinin modeli	6	4	2
5	Elektroqövs üstəəritmə üsulu ilə bəpa əməliyyatında istilik fizikası	8	6	2
6	İstilik prosesinin simulasiyası	13	10	3
7	Optimallaşdırma probleminin ifadə edilməsi	4	4	-
<b>Cəmi</b>		<b>60</b>	<b>45</b>	<b>15</b>

**”Bəpa prosesində istilik fizikası” fənni üzrə mühazirələrin məzmunu (cəmi 45 saat).**

**Giriş. Fənnin məqsədi və əsas məsələləri (2 saat).**

**1. Müxtəlif bəpa üsulları və materialın əridilməsi üçün bunların yaratdıqları temperatur mənbələrinin fizikası haqda qısa məlumat (10 saat).**

- 1.1. Qaz-alov üsulu ilə bərpa prosesinin istilik fizikası;
- 1.2. Elektroqövs üstəritmə üsulu ilə bərpa əməliyyatında istilik fizikası;
  - 1.2.1. Əl ilə elektroqövs üsulu ilə üstəritmə;
  - 1.2.2. Plazma mühitində üstəritmə;
  - 1.2.3. Qoruyucu ovuntu altında üstəritmə əməliyyatı;
  - 1.2.4. Metal qoruyucu qaz mühitində üstəritmə.
- 1.3. Elektron axını ilə materialın emalında istilik fizikası;
- 1.4. Lazer şüası ilə bərpa prosesində istilik fizikası;
- 1.5. Yüksək tezlikli cərəyanla üstəritmə əməliyyatında istilik fizikası;
- 1.6. Termomexaniki püskürtməklə örtükçəkmə əməliyyatında istilik fizikası;
- 1.7. Qalvanik üsulla örtükçökdürmədə istilik fizikası;
- 1.8. Səthə lehirləmə prosesində istilik fizikası;
- 1.9. Ərintiyə batırma prosesində istilik fizikası.

## **2. Qaynaq prosesinin riyazi-fiziki təsviri (5 saat).**

- 2.1. Həcm elementində enerji tarazlığı;
- 2.2. İstilik ötürməsi üçün Furer tənliyi və sərhəd şərtləri;
- 2.3. İstilik mənbələri;
- 2.4. İki ölçülü istilik mənbələri. Çevrəvi və elleps formalı mənbələr;
- 2.5. Üçölçülü enerji mənbələri. Sferik mənbə, ellepsoid mənbə;

2.6. Kombinasiya olunmuş mənbələr.

### **3. Material xüsusiyyətlərinin temperaturdan asılılığı (4 saat).**

3.1. Temperaturdan asılı olan parametrlər;

3.1.1. İstilik tutumu;

3.1.2. İstilik keçirmə qabiliyyəti;

3.2. Konveksiya vasitəsi ilə istiliyin ötürülməsi;

3.3. Şüalanma ilə istiliyin ötürülməsi.

### **4. Temperatur sahəsinin modeli (4 saat).**

4.1. Kvazi-stasionar istilik ötürmə tənliyinin çıxarılması;

4.2. Güc sıxlığının modelləşdirilməsi;

4.2.1. Temperatur sahəsi üçün yarımanalitik həll;

4.2.2. Nəzəri əsaslar və yarımanalitik həllin çıxarılması.

### **5. Elektroqövs üstəəritmə üsulu ilə bərpa əməliyyatında istilik fizikası (6 saat).**

5.1. Elektromaqnetoqazodinamikanın əsas tənlikləri. Elektrik sahəsi;

5.2. Elektroqövsün temperaturunun paylanması hesablanması;

- 5.3. Elektrodun təsirini nəzərə alaraq, temperaturun paylanması;
- 5.4. Enerjinin elektroşıq qövsündən ətraf mühitə və elektroda ötürülməsi;
- 5.5. Axın mühitində elektrik qövsü və maqnit sahəsi.

## **6. İstilik prosesinin simulyasiyası (10 saat).**

- 6.1. Sonlu elementlər üsulu ilə simulyasiya prosesinin mahiyyəti;
- 6.2. Hesablama şəbəkəsinin qurulması;
- 6.3. Elementin və zaman intervalının seçilməsi;
- 6.4. Elektrik qövsünün simulyasiyası;
- 6.5. Əritmə əməliyyatının simulyasiyası;
- 6.6. Statik və tranzient temperatur hesablamaları;
- 6.7. Sonlu elementlər üsulunun (FEM) müxtəlif enerji mənbələrinə tətbiqi.

## **7. Optimallaşdırma probleminin ifadə edilməsi (4 saat).**

- 7.1. Nəzəri əsaslar. Sonlu elementlərlə optimallaşdırma probleminin nəzəri əsasları;
- 7.2. Müxtəlif optimallaşdırma problemlərinin təsviri;
- 7.3. Lazımi optimallaşdırma şərtləri;
- 7.4. Optimallaşdırma probleminin rəqəmli həlli.



## **Məşğələ dərslərinin mövzuları (15 saat).**

1. Sonlu elementlər üsulunun tətbiqi haqda ümumi məlumat və proseslərin təsviri (3 saat);
2. ANSYS FEM üsulu vasitəsi ilə qaynaq vannasının simulyasiyası (2 saat);
3. ANSYS proqramı vasitəsi ilə lazer şüasının materiala təsirinin simulyasiyası (2 saat);
4. Maxwell SV proqramı vasitəsi ilə maqnit sahəsinin materiala enerji təsirinin simulyasiyası (2 saat);
5. FlexPDE simulyasiya proqramı vasitəsi ilə temperaturun hesablanmasına aid nümunə (2 saat);
6. Termostruktur problemin ANSYS proqramı vasitəsi ilə həlli (2 saat);
7. FlexPDE proqramı vasitəsi ilə üstəəritmə prosesinin simulyasiyası (2 saat).

## **Ədəbiyyat**

1. <http://www.ahc-surface.com/de/home.html>. İyun 2012
2. Vorlesungen. Füge- und Beschichtungstechnik
3. Clemens Groth, Günter Mueller. FEM für Praktiker- Band 3: Temperaturfelder. Expert Verlag, GmbH 2000, 850 s.
4. <http://www.collini.eu/>. İyun 2012

5. Lutz Dorn. Fügen und thermisches Trennen, Expert Verlag 1984
6. Lutz Dorn. Vorlesungen
7. J. Eichler, H.J. Eichler. Laser. Bauformen, Strahlführung, Anwendungen. Springer 2003
8. <http://www.pdesolutions.com/student6.html>. İyun 2012
9. Gesellschaft für Schweißtechnik International GmbH. Schweißprozess und Ausrüstung, GSI-2001
10. Böhme Herrmann. Handbuch der Schweißverfahren. Teil II, Düsseldorf 1992
11. Jobst H. Kerspe. Aufgaben und Verfahren in der Oberflächenbehandlung. Expert Verlag 2000
12. Killing, Robert. Handbuch der Schweißverfahren, Teil 1, Düsseldorf- 1991
13. Sindo Kou. Welding Metallurgy. Wiley-Interscience 2003
14. LichtbogenSchweißtechnik. Schweißverfahren, Energiequellen, Zusatzwerkstoffe. Die Bibliothek der Technik 57. Verlag Moderne Industrie 1992
15. <http://www.ansoft.com/academic/>. İyun 2012
16. [www.nabertherm.com](http://www.nabertherm.com), İyun 2012
17. Marfels Orth. Der Lichtbogenschweißer. DVS Verlag , Düsseldorf 2006
18. Peter Giese. Numerische Simulation von Schweißprozessen für Stahl- und

- Gußeisenverbindungen. TU Clausthal 1993, 125 S.
19. Reinhart Poprawe. Lasertechnik für die Vertigung. Springer 2005
20. A.N. Tağızadə. Maşın hissələrinin bərpə olunması və yeyilməyə davamlılığının artırılmasının texnoloji metodları. "Təhsil" NPM nəşriyyatı, 2003. 150s
21. Verena Petzet. Mathematische Optimierung und Sensitivitätsanalyse des Mahrstrahlschweißverfahren zur Verhinderung der Heißrissbildung. VDI Verlag 2008, 184 S.
22. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. М: Колос, 1981, 351с.
23. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Конструирование, Изготовление и эксплуатация машин. -М.: Издательство МСХА, 2002. 632с.
24. И. М. Жарский, И.М. Баршай и др. Технологические Методы Обеспечения надежности деталей машин. Минск, "Вышэйшая Школа" 2005, 229 с.
25. Иванович П.Ф. Восстановление деталей машин. М.: Машиностроение. 2003, 667 с.
26. Иванов А. Ф.. Гальванотехника для мастеров. М.: Металлургия, 1990. 208с.
27. Лащенко Г.И. Плазменное упрочнение и напыление. Киев, Экотехнология -2003. 64с.

Baş müəllim, t.f.d. Fərhad Məhəmməd oğlu Şirzadov

060646– “Təkrar emal və bərpa texnologiyaları  
mühəndisliyi” ixtisası (proqramı) üzrə

magistr hazırlığı üçün

## **«BƏRPA PROSESİNDƏ İSTİLİK FİZİKASI»**

fənninin

### **P R O Q R A M I**

Çapa imzalanıb 25.06.2015- ci il

Sayı 50. Formatı 60×84 1/16.

Əla növ kağız

AzTU- nun mətbəəsi. H. Cavid pr. 25.

Tel: (+12) 539-14-52

E-mail: [aztumentbee@yahoo.com](mailto:aztumentbee@yahoo.com)