

ԹԵՄԱ 5. ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԸ ԿՏՐՄԱՆ

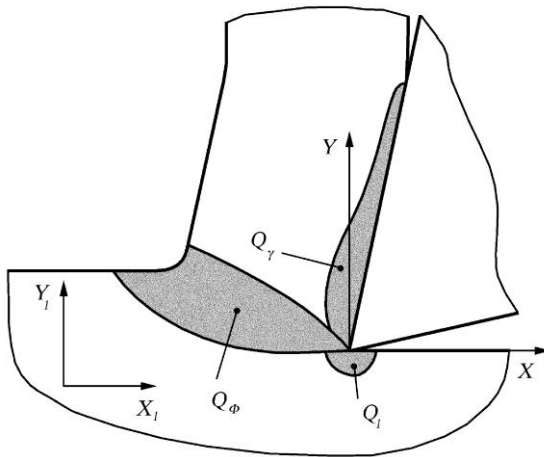
ԺԱՄԱՆԱԿ

էջ

5.1. Ջերմության առաջացման աղբյուրները և նրա բաշխումը դետալի, գործիքի և տաշեղի միջև: Ջերմային բալանսի հավասարումը	1
5.2. Ջերմային երևույթների ուսումնասիրության եղանակները, արհեստական և բնական ջերմագույգեր.....	5
5.3. Ինքնաստուգման հարցաշար.....	9

5.1. Ջերմության առաջացման աղբյուրները և նրա բաշխումը դետալի, գործիքի և տաշեղի միջև: Ջերմային բալանսի հավասարումը

Փորձնականորեն հիմնավորված է, որ կտրման ողջ ընթացքում ամբողջ մեխանիկական աշխատանքը ծախսվում է տաշեղահեռացման վրա, և որ այդ էներգիան վերածվում է ջերմային էներգիայի: Կտրման գոտում առաջանում են ջերմային երեք աղբյուրներ, որոնք առաջ են բերում ջերմային



Նկար 5.1. Կտրման ժամանակ ջերմության
առաջացման աղբյուրները

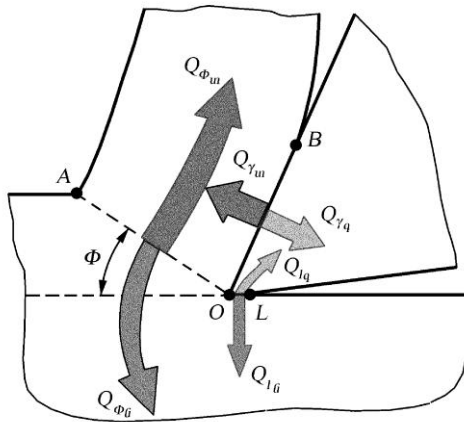
գոտիներ (նկ. 5.1).

- հիմնական պլաստիկ գոտի (գտնվում է սահքի պայմանական հարթությունում) ջերմային Q_ϕ հզորությամբ,
- գործիքի առջևի մակերևույթի հետ տաշեղի շփման գոտի, ջերմային Q_γ հզորությամբ,
- կտրիչի հետին մակերևույթի և նախապատրաստվածքի շփման գոտի ջերմային Q_l հզորությամբ, :

Այսպիսով, ջերմության ընդհանուր քանակությունը, որն անջատվում է կտրման ժամանակ, որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$Q = Q_\phi + Q_\gamma + Q_l :$$

Համաձայն ջերմափոխանակության օրենքի, ջերմությունը ջերմագոյացման աղբյուրից հեռանում է իր հետ հպման մեջ գտնվող ավելի թույլ



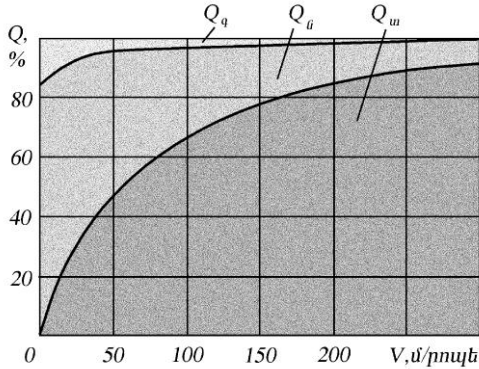
Նկար 5.2. Տաշեղի, նախապատրաստվածքի և գործիքի միջոցով ջերմության հեռացման հոսքերը

տաքացված մասերի ուղղությամբ, այսինքն՝

- նախապատրաստվածքում՝ $Q_{\bar{u}} = Q_{\phi_{\bar{u}}} + Q_l$,
- տաշեղում՝ $Q_w = Q_{\phi_w} + Q_{\gamma_w}$,
- գործիքում՝ $Q_q = Q_{\gamma_q} + Q_{lq}$:

Նկ. 5.2-ում պատկերված են ջերմության վերոհիշյալ հոսքերը: Այստեղ ջերմության մի մասը՝ Q_w , դուրս է գալիս շրջակա միջավայր, որին հիմնա-

կանում նպաստում են քսուքահովացնող հեղուկները, ջերմությունը հեռացնելով կտրման գոտուց: Սակայն, եթե կտրումը կատարվում է օդում, ապա



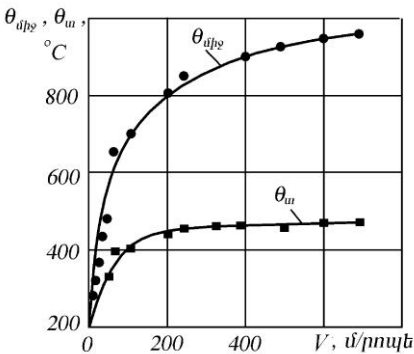
Նկար 5.3. Տաշեղի Q_m , նախապատրաստվածքի Q_u և գործիքի Q_q միջև ջերմության բաշխումը 40X մակնիշի պողպատի մշակման ժամանակ ($T15K6$, $t = 1,5$ մմ, $S = 0,12$ մմ/պտ)

ջերմություն այդ քանակը հաշվի չի առնվում՝ փոքր լինելու պատճառով:

Կտրման ժամանակ ջերմային հաշվեկշիռն ունի հետևյալ տեսքը.

$$Q_{\phi} + Q_{\gamma} + Q_1 = Q_{\nu} + Q_m + Q_q + Q_{2\text{մ}}:$$

Սովորաբար ջերմության այն քանակը, որն անցնում է տաշեղին, նախապատրաստվածքին կամ գործիքին, որոշվում է փորձնական եղանակով՝



Նկար 5.4. Կտրման V արագության ազդեցությունը կտրման $\theta_{\text{միջ}}$ միջին ջերմաստիճանի և տաշեղի θ_m ջերմաստիճանի վրա 40X մակնիշի պողպատի մշակման ժամանակ ($T15K6$, $t = 1,5$ մմ, $S = 0,12$ մմ/պտ)

կալորիմետրի օգնությամբ: Տարբեր երկրների մի շարք հետազոտողների կողմից հաստատվել է ջերմության բաշխման օրինաչափությունը, որը բերված է նկ. 5.3-ում: Կտրման արագության աճին զուգընթաց տաշեղին

անցնող ջերմության Q_m քանակը սկսում է միալար աճել, ընդ որում այն դրսևորվում է ավելի ուժգին կտրման ցածր արագությունների դեպքում: Նախապատրաստվածքին և գործիքին անցնող Q_b և Q_g ջերմության քանակությունները նվազում են՝ կտրման արագության մեծացմանը զուգընթաց (նկ. 5.4): Օրինակ՝ պողպատ 40X-ի մշակման ժամանակ, երբ կտրման արագությունը՝ $V = 20...50$ մ/րոպե, տաշեղին անցնում է ջերմության 30...50%-ը, նախապատրաստվածքին՝ 45...65%-ը: Երբ $V = 150$ մ/րոպե, ապա տաշեղին անցնում է ջերմության 75%-ը, նախապատրաստվածքին՝ մինչև 20%-ը, իսկ գործիքին, հիմնականում՝ ջերմության ոչ շատ մասը՝ 10...15%-ը:

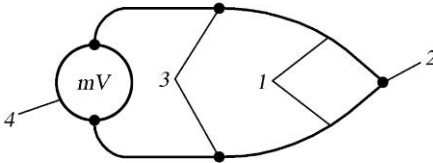
Ջերմության բաշխման վրա կտրման արագության նման ազդեցությունը բացատրվում է նրանով, որ արագության մեծացմանը զուգընթաց ջերմության զգալի քանակությունը մնում է տաշեղի մեջ, իսկ համեմատաբար փոքր քանակությունը փոխանցվում է նախապատրաստվածքին կամ գործիքին:

Բացի դրանից, արագության մեծացման հետ միաժամանակ, մշակվող մետաղում դեֆորմացիան փոքրանում է, որի հետևանքով կտրման ուժը և տաշեղի հայման մակերեսը առջևի հարթության վրա ևս փոքրանում են: Դրա արդյունքում նվազում է գործիքին անցնող ջերմության քանակը: Սակայն դա չի նշանակում, որ ջերմաստիճանը նվազում է նաև գործիքի հայման հարթակում և նրա կտրող սեպի մեջ: Ընդհակառակը՝ արագության մեծացման հետ ջերմաստիճանը զգալորեն աճում է: Դա բացատրվում է նրանով, որ ջերմության քանակը գործիքի հայման հարթակներում կենտրոնանում է բավականին նեղ հաստությամբ (միկրոմետրի մեկ տասներորդ չափով) շերտում, ինչպես նաև նրանով, որ տաշեղահեռացման V_m արագության աճին համեմատական մեծանում է շփման աշխատանքը գործիքի առջևի մակերևույթի վրա:

Կտրման արագությունից բացի ջերմահեռացման վրա մեզ ազդեցություն ունեն նաև մշակվող նյութի ֆիզիկա-մեխանիկական և ջերմաֆիզիկական հատկությունները: Ընդ որում, որքան բարձր է մշակվող նյութի ջերմա-հաղորդականությունը, այնքան մեծ է նախապատրաստվածքին անցնող ջերմության քանակը, և որքան մեծ է կտրման արագությունը, այնքան փոքր է գործիքին անցնող ջերմության քանակը :

5.2. Չերմային երևույթների ուսումնասիրության եղանակները, արհեստական և բնական ջերմագույգեր

Կտրման ջերմաստիճան ասելով պետք է հասկանալ կտրող գործիքի հպման հարթակներիի վրա միջին ջերմաստիճանը: Այն բնութագրվում է կտրող գործիքի տաքացման չափով և հսկայական ազդեցություն ունի գործիքի առջևի և հետին մակերևույթների մաշման վրա: Կտրման ջերմաստի-



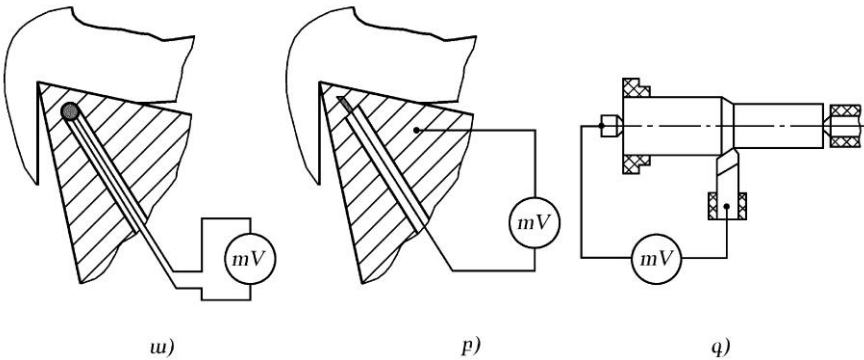
Նկար 5.5. Թերմագույգի սկզբունքային սխեման
1 - թերմաէլեկտրոդներ, 2 - «տաք» գողվածք,
3 - սառը գողվածքներ, 4 - գրանցող սարք

ոգնությամբ: Անուղղակի եղանակի ժամանակ ջերմաստիճանն որոշվում է՝ ա) տաշեղի գունափոփոխությամբ, բ) ջերմաներկերի օգնությամբ, որը փոխում է գույնը՝ կախված ջերմաստիճանից, գ) տեղակայված ֆոտոէլեկտրական տվիչների և ճառագայթային պիրոմետրիայի միջոցով տաշեղի արտաքին մակերևույթից ստացվող ինֆրակարմիր ճառագայթների չափման ճանապարհով: Անուղղակի եղանակների կիրառման դեպքում չափման ճշտությունը բավականին ցածր է, որը սահմանափակում է նրա կիրառությունը: Հիմնականում չափումը կատարվում է ուղղակի եղանակով՝ արհեստական, կիսաարհեստական կամ բնական ջերմագույգերի օգնությամբ:

Չերմագույգերի գործողության սկզբունքը բերված է նկ. 5.5-ում: Եթե երկու տարբեր էլեկտրահաղորդիչ մյուսերը (1 ջերմաէլեկտրոդներ), որոնք ունեն տարբեր ջերմային ընդարձակման գործակիցներ, կիպ միացվեն 2 կետում և տեղակայվեն ջերմության աղբյուրում, իսկ նրա մյուս ծայրերը 3 միացվեն լարում գրանցող 4 սարքին (օրինակ՝ միլիվոլտմետր), այնուհետև դրանք սառեցնել կամ թողնել սենյակային ջերմաստիճանում, ապա փակ շղթայում կառաջանա ջերմաէլեկտր, որը և կչափվի 4 սարքի օգնությամբ: Ընդ որում ջերմաէլեկտրի մեծությունը կախված է տաք և սառը գոյի ջերմաստիճանների տարբերությունից. որքան վերջինս մեծ է, այնքան մեծ է նաև ջերմաէլեկտրն: Եթե շղթայում առկա է լրացուցիչ գոյումներ, ապա ջերմա-

էլշուի վրա նրանց ազդեցությունը բացատրելու նպատակով նրանք նույնպես պետք է գտնվեն միևնույն ջերմաստիճանում:

Ջերմաէլշուի մեծությունը չափազանց փոքր է, և, սովորաբար, այն չափվում է միլիվոլտմետրով կամ գրանցվում օսցիլոգրաֆով: Ջերմագույզի էլեկտրոդները կարող են պատրաստվել գործնականում ցանկացած նյութերից, որոնք տարբերվում են քիմիական կազմով կամ ֆիզիկական հատկություններով: Այսպես, օրինակ՝ ստանդարտ ջերմագույզը պատրաստվում է պղնձե հիմքով հատուկ, բարձր զգայնությամբ համաձուլվածքներից.



Նկար 5.6. Կտրման ջերմաստիճանը չափելու համարաբերմ գույզեր
 ա) արհեստական, բ) կիսարհեստական, գ) բնական

«քրոմ-ալյումնել», «քրոմ-կոպել» և այլն: Բավականին լայն կիրառություն են ստացել նաև «երկաթ-կոնստանտան» ջերմագույզերը:

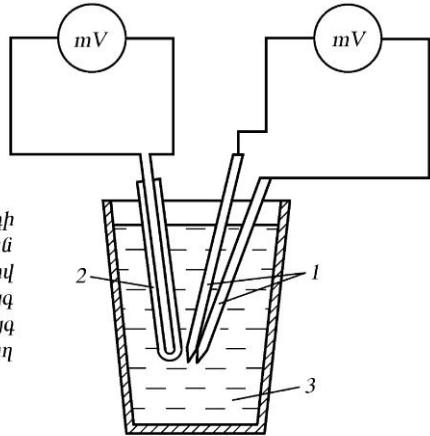
Գործիքի տարբեր կետերում ջերմաստիճանի չափման համար կիրառվում է արհեստական ջերմագույզեր բարակ լարի տեսքով, որոնք տեղադրվում է 0,5...0,7 մմ տրամագծով անցքերի մեջ՝ առավելագույնս (0,2...0,5 մմ) մոտեցնելով «տաք» զողը չափման կետին (նկ. 5.6ա): Այս դեպքում զողը սեղմվում է 50 Ն ուժով, իսկ ջերմագույզի լարերը հուսալիորեն մեկուսացվում են իրարից և կտրիչի իրանից:

Միշտ չէ, որ հաջողվում է ապահովել ջերմագույզի զողի հուսալի սեղմումը: Այդ պատճառով հաճախ կիրառվում է կիսարհեստական ջերմագույզ (նկ. 5.6բ): Այստեղ էլեկտրոդներից մեկը գողվում է գործիքի մակերևույթի այն կետում, որտեղ չափվում է ջերմաստիճանը, իսկ երկրորդ էլեկտրոդի դերում հանդես է գալիս հենց գործիքը: Օգտագործումից առաջ ջերմագույզը չափաբերվում է (աստիճանավորվում է) ստանդարտ-հսկիչ ջեր-

մագույզի միջոցով (նկ. 5.7գ): Արհեստական և կիսաարհեստական ջերմագույզերը թույլ չեն տալիս ջերմաստիճանը չափել անմիջապես գործիքի հպման մակերևույթի վրա, որտեղ այն զգալիորեն բարձր է մակերևույթային շերտերում ջերմության կենտրոնացման պատճառով (հատկապես՝ զգայուն բարակ շերտերում, բարձր ջերմաստիճանային գրադիենտի հետևանքով):

Ջերմագույզի բանվորական գոդը գործիքի առջևի մակերևույթին հասցնելը հարմար չէ, քանի որ նշված մակերևույթի վրա նախորոք արված անցքերը խցանվում են տաշեղի մասերով: Այդ պատճառով համարյա անհնար է դառնում ջերմաստիճանի չափումն այսպիսի ջերմագույզի միջոցով: Արդ-

Նկար 5.7. Աշխատանքային թերմագույզի չափորոշումը ստուգողական թերմագույզի միջոցով
 1- բանվորական թերմագույզ
 2 - ստուգողական թերմագույզ
 3 - հաված աղ կամ դյուրահալ մետաղ



յունքում այդպիսի ջերմագույզերով գրանցված ջերմաստիճանային արդյունքները ստացվում են իրականից բավականին ցածր, առաջանում է էքստրապոլյացիայի միջոցով կարգաբերման անհրաժեշտություն, որը նպատակահարմար չէ:

Կտրման գոտու ջերմաստիճանի չափման փորձերում նպատակահարմար է կիրառել բնական ջերմագույզեր, որոնցում, որպես էլեկտրոդ, հանդես է գալիս «գործիք-նախապատրաստվածք» գույզը (նկ. 5.6գ):Ընդ որում, «արագահատ պողպատ-նախապատրաստվածք» գույզի հետ համեմատած ավելի զգայուն է «կարծր համաձուլվածք-նախապատրաստվածք» գույզը, շնորհիվ իր քիմիական բաղադրության և այլ հատկությունների: Բնական ջերմագույզի սխեման բերված է նկ. 5.6գ-ում: Այս դեպքում գործիքը և նախապատրաստվածքը մեկուսացված են հաստոցից, ջերմագույզի

էլէկտրոդներից մեկը միացվում է գործիքին, մյուսը՝ նախապատրաստված-
քին:

Հարկ է նշել, որ բնական ջերմագույզի օգնությամբ որոշվում է ոչ թե
գործիքի հպման հարթակի վրա առկա առավելագույն, այլ միջինացված
ջերմաստիճանը, սակայն ըստ մի շարք հետազոտողների դրանք իրարից
համարյա չեն տարբերվում:

Օգտագործումից առաջ բնական ջերմագույզը ևս չափաբերվում է 2
ստուգիչ-հսկիչ թերմագույզի միջոցով (նկ. 5.7): Այդ նպատակի համար 1
էլէկտրոդը պատրաստվում է գործիքանյութից և մշակվող նյութից՝ ձողերի
տեսքով և տեղավորվում արագահալ մետաղի կամ աղային լուծույթի մեջ:
Եթե արագահալ մետաղի դերը կատարում է կապարը, ապա, շնորհիվ վեր-
ջինիս բավականին բարձր ջերմահաղորդականության, էլէկտրոդի ծայրերը
չեն գոլվում:

Բնական ջերմագույզի եղանակը թույլ է տալիս գնահատելու ջերմաս-
տիճանի վրա կտրման ռեժիմների և գործիքի երկրաչափական պարամետ-
րերի ազդեցությունը: Կիրառելով միջգործոնային եղանակով փորձերի կա-
տարումը պլանավորման մաթեմատիկական եղանակով, կարելի է ստանալ
հետևյալ կապը՝

$$\theta = C_{\theta} V^m S^n t^q K_q K_2,$$

որտեղ C_{θ} – ն ջերմաստիճանային գործակից է՝ կախված մշակվող նյութի
և գործիքի մեխանիկական և ջերմաֆիզիկական
հատկություններից,

V, S, t – ն՝ կտրման ռեժիմներն են,

m, n, q – ն՝ աստիճանացուցիչներն են,

K_q, K_2 – ն՝ կտրող գործիքի երկրաչափությունն ու քսուքահովացնող
նյութերը բնութագրող գործակիցներ են:

Ստացված հավասարումներից հետևում է, որ V, S, t -ի ցուցիչները
փոքր են 1-ից և ըստ ջերմաստիճանի վրա նրանց ազդեցության դասավոր-
վում են հետևյալ հաջորդականությամբ՝ $m > n > q$: Արագահատ պողպատի
և կարծր համաձուլվածքի գործիքների համար ցուցիչների տարբերությու-
նը բացատրվում է նրանով, որ վերջիններս աշխատում են կտրման բարձր
արագությունների տիրույթում, երբ կտրման ջերմաստիճանն՝ $Q > 600^{\circ}C$:
Կտրման արագության հետագա աճի դեպքում զգալիորեն նվազում է մե-
տաղի եֆորմացիան, կտրման ուժերը, շփման գործակիցը և դրա համար

ցուցիչները փոքրանում են: Ջերմաստիճանի վրա ամենամեծ ազդեցությունն ունեն կտրման արագությունը, գործիքանյութի և մշակվող նյութերի հատկությունները, մասնավորապես նրանց ջերմահաղորդականությունը, ամրությունը և պլաստիկությունը:

Ջերմազգայուն շերտի ծածկման եղանակ: Այս եղանակը հիմնված է որոշ նյութերի այն հատկությունների վրա, որ ջերմության ազդեցության տակ դրանք փոխում են իրենց գույնը: Եթե կտրող գործիքի (հատկապես ճակատային մակերևույթի) վրա բարակ շերտով քսվում է ջերմաներկ, ապա օգտվելով չափաբերման աղյուսակից և գնահատելով գույնի փոփոխությունը ջերմության ազդեցության տակ տարբեր տեղամասերում և այն դիտելով գործիքային միկրոսկոպով, կարելի է կառուցել իզոթերմի կորերը հաստատուն ջերմաստիճանների համար՝ անմիջապես կտրող գործիքի սեպի վրա: Սակայ այս դեպքում պետք է հիշել, որ այս եղանակով կտրման ջերմաստիճանի որոշումը այնքան էլ ճիշտ չէ, հատկապես՝ կտրող սեպի հպման մակերևույթներին մոտ տեղամասերում:

Ռադիացիոն եղանակ: Այս մեթոդի էությունը ջերմաստիճանի չափումն է ֆոտոէլեկտրական տվիչների և հատուկ սարքերի օգնությամբ, ջերմաստիճանի ինֆրակարմիր ճառագայթման սպեկտրում, հատկապես՝ կտրիչի ճակատային հարթության առանձին կետերում և կտրման գոտում: Ջերմաֆիզիկական հաշվարկները ցույց են տվել, որ ջերմաստիճանի բացարձակ մեծությունները սափքի ենթադրվող մակերևույթի վրա ստացվում են խիստ բարձրացված: Բացի դրանից, այս մեթոդով չի կարելի չափել կտրման ջերմաստիճանը անմիջապես հպման հարթակներում:

Ջերմաստիճանի չափումն այս եղանակով ցույց է տալիս, որ սարքերի հնարավորությունները խիստ ցածր են, հատկապես՝ փոքր մակերեսներում չափումներ կատարելու ժամանակ ստացված տվյալների ճշտությունը ավելի ցածր է:

5.3. Ինքնաստուգման հարցաշար

1. Ինչի հետևանք է մետաղի կտրման ժամանակ գործիքի հպման մակերևույթների վրա մեծ քանակությամբ ջերմության առկայությունը:
2. Ինչ ենք հասկանում կտրման ջերմաստիճան ասելով:
3. Թվարկել կտրման ջերմաստիճանի չափման եղանակները:

4. Ինչ սկզբունքով է աշխատում բնական ջերմագույգով կտրման գոտու ջերմաստիճանի չափմար:
5. Ինչպիսի ազդեցություն ունեն կտրման ջերմաստիճանի վրա կտրման դաշտի պարամետրերը:
6. Թվարկել ջերմության առաջացման աղբյուրները:
7. Ինչու է ջերմային հաշվեկշիռը դիտարկվում որպես կտրման տեսակարար և շփման աշխատանքների գումար:
8. Ինչ եղանակով է որոշվում ջերմության այն քանակը, որն անցնում է տաշեղին, նախապատրաստվածքին կամ գործիքին: