

Gospodarjenje z električno energijo v slovenskih železarnah

Bratina Janez*

UDK: 669.187.2:621.365.003.1

ASM/SLA: D5, W18s, A11e, 16—61, U7c, A5f

Realno vrednotenje tržnih dejavnikov je povzročilo nova cenovna razmerja pri proizvodnji jekla neizogibnih materialnih in energijskih potroškov. Kratkoročno in dolgoročno so nujni novi pogledi na gospodarjenje z električno energijo. Zahteva po proizvodnem stroškovnem optimiranju ne more več mimo energijskega optimiranja; do nedavnega vse odločujoč planski proizvodni pristop zamenjuje stroškovni in kvalitetni, kajti le ustrezna cena proizvoda in njegova nesporna kvaliteta lahko omogočata preživetje. Vse to pa pomeni prilagajanje novim razmeram; proces, ki mu ni videti kraja. Gospodarjenje z električno energijo v proizvodnem elektrojeklarskem agregatu v elektrojeklarni, v posamezni železarni ostaja, jo sicer še vedno svojstveni podsistemi, vendar se z vsakim dnem vse bolj neposredno povezujejo z jeklarskim tehnološkim proizvodnim procesom. Za slovenske železarnе lahko rečemo, da tvorita vsebino gospodarjenja z električno energijo v glavnem dva nivoja: področje racionalne rabe električne energije in področje racionalne izrabe električne energije.

Z racionalno rabo je mišljen način porabe te energije iz slovenskega elektroenergetskega sistema v teku dneva, meseca oziroma sezone. Proizvodni stroški za kWh električne energije so namreč različni glede na trenutek njene proizvodnje oziroma porabe, saj si morata biti poraba in proizvodnja električne energije v vsakem trenutku v ravnovesju; najnižji proizvodni stroški nastajajo v času majhnih obremenitev v sistemu, ko obratujejo elektrarne z najnižjo lastno ceno, najvišji pa v času koničnih obtežitev, ko je potrebno zagnati tudi proizvodne agregate z najvišjimi lastnimi cenami; prodajna cena električne energije, ki naj čim bolj upošteva stroškovno načelo, se razlikuje zato v teku dneva (manjša tarifa v času noči oziroma višja tarifa v času dneva), kakor tudi v teku leta (nižja sezona poleti oziroma višja sezona pozimi). Pri tem je potrebno upoštevati še visoke fiksne proizvodne stroške (amortizacija, posluževanje, distribucija) in od količin odvisne gibljive proizvodne stroške (gorivo, prispevki). Na takih stroškovno cenovnih načelih je zgrajen tarifni sistem za prodajo električne energije, po katerem odjemalci pokrivamo fiksne deleže stroškov s ceno za angažirano električno moč, gibljive pa s ceno za porabljeno energijo. Glede na razmerje med stalnimi in gibljivimi stroški v elektroenergetskem sistemu, kjer bistveno prevladujejo stalni stroški, je delež moči v ceni električne energije vedno večji od 50 %, kar je za formiranje končne porabnikove cene električne energije važno ne samo zaradi tega, koliko energije se v določenem časov-

nem obdobju porablja, ampak tudi zaradi intenzivnosti oziroma enakomernosti porabe glede na maksimalno dogovorjeno oziroma doseženo električno moč. Z velikimi porabniki električne energije (Slovenske železarnе, TGA Kidričevo, TD Ruše) je dogovorjeno takomenovano inverzno obratovanje, po katerem ti porabniki prilagajajo svoje obremenitve obremenitvam v elektroenergetskem sistemu: v času višjih obremenitev znižujejo svojo moč, v času nižjih obremenitev pa jo zvišujejo. Zaradi takega prilagajanja se jim obračunava električna moč le v posameznih karakterističnih obdobjih (času trajanja konične tarife) s posebej dogovorjeno toleranco. Tolerančni obremenitveni profil se spreminja glede na razmere v elektroenergetskem sistemu v tednu (delavniki, sobote, nedelje) in tudi v posameznih mesecih (letni časi) ter je dogovorjen vnaprej.

V slovenskih železarnah obratujejo zelo različni porabniki električne energije, od razsvetljave in številnih elektromotorjev posameznih strojev, valjarskih prog, kompresorjev, pomožnih energetskih naprav do različnih električnih peči za toplotno obdelavo ter indukcijskih oziroma elektroobločnih peči za proizvodnjo jekla. Postavlja se torej potreba vodenja porabe električne energije posamezne železarnе na tak način, da bo njena dejanska obremenitev ostajala znotraj dogovorjenega obremenitvenega profila in da bo pri tem proizvodni proces čim manj moten. Največji in najbolj prilagodljivi porabniki električne energije so elektroobločne peči, kjer se v fazi taljenja raztaplja vložek (staro železo, legure), nato pa izvaja metalurška tehnologija izdelave jekla. Prilagajanje električne moči dovoljenim obremenitvam je mogoče izvajati le s spreminjanjem intenzivnosti obratovanja obločnih peči (ali celo z njegovo prekinitvijo) v času največjih obremenitev posameznih porabnikov, to je predvsem v času taljenja vložka. Tako vodenje je bilo posebno po uvedbi četrtturne konične moči v obračunski sistem za nakup električne energije nemogoče opravljati brez računalniške pomoči. On line računalniško vodenje porabe električne energije je uvedeno v vseh železarnah; v železarni Ravne je v uporabi že od leta 1978, v železarni Štore od 1981, v železarni Jesenice od 1987.

Če za to obdobje analiziramo letne obratovalne ure kot merilo za izkoriščenost električne moči, vidimo, da so se le-te v primeru Železarn Ravne v tem času povečale od prvotnih 5500 h v letu 1976 na sedanje stanje blizu 6500 h. V železarnah Jesenice in Štore trenutno razmere niso primerljive zaradi zagona nove jeklarne na Jesenicah oziroma zaradi ugasnitve elektroplavža v Štorah, vendar pa lahko že v letu 1989 pričakujemo sanirane razmere v letnih obratovalnih urah, ko naj bi bile ponovno dosežene obratovalne ure nad 6000 h.

Tudi izkoriščenost vsakokratnega tolerančnega profila je dobro merilo gospodarjenja z električno energijo. Upoštevajoč delavnike, dosegajo mesečno izkorišče-

* Železarna Ravne

** Originalno objavljeno: ŽZB 23 (1989) 1

*** Rokopis prejet: oktober 1988

nost ca. 65 %, medtem ko so dosežene vrednosti za sobote in nedelje 10 % oziroma 20 % nižje. V letu 1985 je bila dosežena naslednja povprečna mesečna izkoriščenost ob delavnikih:

	Nižja sezona	Višja sezona
Železarna Jesenice	0.568	0.619
Železarna Ravne	0.655	0.651
Železarna Štore	0.610	0.638

Prednosti porabnikov, ki lahko prilagajajo svojo porabo razmeram v elektroenergetskem sistemu, se ne kažejo le v višjih lastnih obratovalnih urah (in s tem doseženi nižji ceni), temveč se odražajo tudi v tem, da le-ti služijo v primerih izpadov večjih enot ali pomanjkanja energije kot rezervna proizvodna zmogljivost, ko s samodejno razbremenitvijo ali z vnaprej dogovorjenim zmanjšanjem odjema pripomorejo k stabilnosti sistema ali pa ko z zmanjšanjem moči odjema nadomeščajo izpadlo zmogljivost v proizvodnem sistemu. Zaradi takih porabnikov se ob nespremenjenih razpoložljivih proizvodnih kapacitetah povečuje zanesljivost oskrbe z električno energijo ostalim porabnikom, v elektroenergetski sistem pa ni potrebno vgrajevati dragih slabo izkoriščenih rezervnih zmogljivosti. Podatke za slovenske železarne kaže tabela, iz katere je razvidno, da lahko elektrogospodarstvo Slovenije v letu 1988 računa kot rezervno kapaciteto prilagodljivo moč vseh železarn v višini ca. 90 MW, ob njihovi skupni konični moči 140 MW ter letni porabi 900 GWh.

Tabela 1: Letna poraba električne energije in karakteristične moči slovenskih železarn

	Konična moč	Prilagodljiva moč	Predvidena poraba
Železarna Jesenice	70 MW	55 MW	450 GWh
Železarna Ravne	41 MW	25 MW	250 GWh
Železarna Štore	29 MW	20 MW	200 GWh

Racionalna izraba električne energije se, v ekonomskem jeziku izraženo in gledano na makro nivoju, kaže predvsem v povečanju novo ustvarjene vrednosti, ki jo dobimo na osnovi porabljene kWh, na mikro nivoju pa se kaže (v inženirskem jeziku izraženo) v doseganju toplotnotehničnih izkoristkov, s katerimi opravljamo proizvodne tehnološke procese. Vendar tudi specifični energijski potrošek (kWh/kg) ni vedno podatek, s katerim bi se dalo vrednotiti izdelovalne postopke; specifična poraba električne energije pri struženju npr. ne more biti merilo njene racionalne izrabe. Popolnoma drugače je pri tehnologijah, kjer so teoretsko znane potrebne vrednosti energijske specifične porabe, kot je to pri toplotnih procesih, in je energijsko izrabo mogoče neposredno ugotavljati s toplotnotehničnimi izkoristki. Pri izdelavi jekla so ti izkoristki odvisni od uporabljenih izdelovalnih postopkov, kakor tudi od proizvodnih naprav.

Specifična entalpija jekla je pri referenčni temperaturi 1550 °C in, odvisno od sestave jekla, 380 kWh/t—420 kWh/t; za vsako nadaljnjo °C pa je potrebno še dodatnih 0.66 kWh/t; specifična entalpija žlindre pa se giblje med 550 kWh/t in 630 kWh/t, kar zahteva pri porabi žlindre 80 kg/t do 200 kg/t dodatnih 50 kWh/t do 120 kWh/t energije na tono jekla.

Potrebna koristna energija jekla (skupno z žlindro) leži torej med vrednostma: 420 kWh/t—540 kWh/t

Poleg te koristne energije je potrebno v elektroobločno peč za izdelavo jekla dovesti še vso energijo to-

plotnih izgub; to lahko delimo na karakteristične skupine:

— toplotne izgube z dimnimi plini 80 kWh/t—170 kWh/t

— toplotne izgube s hladilno vodo 60 kWh/t—90 kWh/t

— električne toplotne izgube 30 kWh/t—60 kWh/t

Skupne toplotne izgube elektroobločne peči lahko ocenjujemo na značilne vrednosti: 140 kWh/t—260 kWh/t

Vsota vrednosti koristne specifične energije in specifične energije toplotnih izgub nam daje potrebno specifično dovedeno energijo; glede na velikost, specifično moč peči in uporabljeno tehnologijo se pri elektroobločnih pečeh ta giblje med 550 kWh/t in 850 kWh/t.

Pri tem je potrebno ločiti dovedeno energijo, dobljeno:

— s pretvorbo električne energije v toploto v električnem (ob)loku: 380 kWh/t—680 kWh/t

— s sproščanjem kemično vezane energije v eksotermnih reakcijah v tekočem jeklu in žlindri: 100 kWh/t—240 kWh/t

Za razmišljanje o racionalni izrabi električne energije pri izdelavi jekla v elektroobločnih pečeh je važno poznavanje dveh osnovnih poti, ki zmanjšujeta tehnološko potrebne specifične energijske potroške:

Kot prvo pot bi vsekakor morali obravnavati ukrepe in postopke, ki zmanjšujejo toplotne izgube elektroobločne peči v času izdelave jekla oziroma metode, s pomočjo katerih koristno izkoriščamo del toplotnih izgub. Dobro pripravljen vložek, hitro zalaganje vložka, kratki izdelovalni postopki, doseganje ciljanih analiz, velika obratovalna zanesljivost glavnih in pomožnih agregatov, ki nastopajo v proizvodni verigi, kratki neizogibni reparaturni posegi (popravilo obzidave, menjava elektrod) in urejena transportna logistika materialov in energije so potreben pogoj za zmanjševanje porabe specifičnih energijskih potroškov ali doseganja večje racionalne izrabe električne energije.

Druga pot temelji na takšnih modifikacijah pečnega agregata in tehnološkega postopka, ki omogoča zmanjševanje potrebne dovedene energije; kot je to močnostna (UHP) obločna peč z vodnohlajenimi stenami in vodnohlajenim obokom, obločna peč z ekscentričnim izlivom, ločitev raztaljevanja, oksidacije in odosforenjenja v obločni peči od rafinacijske in legirne faze v ponovci, predgrevanje vložka, zmanjševanje količine žlindre, uvedba peneče žlindre. Nadomeščanje električne energije z drugimi energijskimi nosilci spada v neposredno metodo večanja racionalne izrabe električne energije, saj so se te metode razvile do stopnje, da z manj vrednimi energijskimi nosilci krijemo vse toplotne izgube obločne peči in da uporabljamo električno energijo takorekoč le za taljenje vložka in za segrevanje taline na potrebno temperaturo. Izkoriščamo prednosti visokotemperaturnega električnega (ob)loka v fazi potrebnega intenzivnega prenosa velikih toplotnih moči na vložek pri taljenju in za področje segrevanja taline, medtem ko nam dodatno zgorevanje zemeljskega plina ali mazuta v peči lahko nadomesti potrebo po električni energiji le v začetni in srednji fazi taljenja. Najbolj razširjeno nadomeščanje električne energije je vpihovanje kisika neposredno v peč. Uporablja se vse od zgodnje faze taljenja, ko se ustvari na dnu peči prva luža taline, do faze oksidacije taline in dodatnega ogličenja žlindre za doseganje njenega kipenja, ki omogoča bistveno spremenjen elektroenergetski način obratovanja obločne peči.

Ker ima m³ kisika neto energijsko vrednost 3 kWh do 4 kWh, pomenijo običajne vrednosti porabe kisika pri

vpihovanju 8 m³/t do 30 m³/t dodaten energijski izvor 30 kWh/t do 100 kWh/t; v jeklarskem žargonu se kisikovo kopje označuje kot četrta elektroda oziroma četrti (ob)lok. Ob povprečni porabi 16 m³/t, ki se bistveno ne razlikuje v posameznih jeklarnah slovenskih železarn, se vidi, da je poraba kisika predvsem tehnološko pogojena in da je višje vrednosti porabe pričakovati šele z dodatnim ogljičenjem oziroma z uvedbo peneče žilindre.

Zgorevanje zemeljskega plina s kisikovimi gorilniki, nameščenimi v stene obločne peči, daje energijske prihranke 30 kWh/t do 80 kWh/t. Kljub temu, da lahko predgrevanje vložka izven obločne peči dá prihranke le med 30 kWh/t in 50 kWh/t, pa je vedno več naprav za predgrevanje, bodisi zaradi potreb po sušenju vložka in s tem varnejšega obratovanja ali pa zaradi izkoriščanja odpadne toplote dimnih plinov kot posledice prevelikega cenovnega energijskega pritiska. Naprava za sušenje in predgrevanje vložka je predvidena le v novi jeseniški jeklarni, v ostalih jeklarnah zaenkrat ni v načrtih postavitve takih naprav.

Ker so investicijsko in tehniško lažje obvladljive naprave za izkoriščanje odpadne toplote iz nizkotemperaturnega vodohladilnega sistema panelov in oboka močnostnih (UHP) obločnih peči, bodo take naprave, ki jo ima že jeseniška nova peč, tudi na rekonstruirani obločni peči v Železarni Ravne.

Računamo, da je možno iz vodnohladilnega sistema ponovno koristno uporabiti do 40 kWh/t, odvisno od uporabljenega temperaturnega nivoja.

Uvedba ponovnih postopkov izdelave jekla spremeni razmere na obločni peči tako, da skrajšuje čas od izliva do izliva in znižuje potrebno prebodno temperaturo taline za 60 °C do 80 °C, kar pomeni neposredni prihranek energije med 40 kWh/t in 60 kWh/t. Na drugi strani pa pomeni uporaba ponovce dodatno porabo energije. Pri ponovcah, ki so manjše od 60 t, je potrebno za nekadno dogrevanje taline in dodatkov skoraj toliko energije, kolikor smo je v obločni peči predhodno prihranili.

Le pri ponovcah nad 60 t lahko govorimo o čistem energijskem prihranku 10 kWh/t do 30 kWh/t. Doseženi rezultati na Ravnah to dokazujejo.

Za presojo racionalne izrabe električne energije pri izdelavi jekla je potrebno upoštevati porabljeno energijo celotne jeklarne, torej tudi porabo pomožnih naprav, od katerih postaja vse pomembnejša poraba električne energije za zagotavljanje ekoloških pogojev: recirkulacijski hladilni sistemi porabljajo do 10 kWh/t, odpraševalne naprave pa med 25 kWh/t in 85 kWh/t dodatne električne energije.

Kot lahko za novejšje jeklarske agregate slovenskih železarn po eni strani ugotavljamo njihovo sodobno izvedbo (Jeklarna 2 Jesenice, ponovni postopek na Ravnah, UHP peč v Štorah) in s tem dane pogoje za doseganje ugodne izrabe električne energije, pa je potrebno dodati tudi resnico o zastarelosti ostalih jeklarskih agregatov: najstarejša elektroobločna peč na Ravnah je iz časov II. svetovne vojne, dobljena iz reparacijskega kontingenta in obratuje neprekinjeno od leta 1956. Tudi vse ostale obločne peči slovenskih železarn so stare več kot 20 let. Kljub temu, da so bile večkrat temeljito obnovljene in modernizirane in da se stalno inovirajo tehnološki postopki izdelave jekla, se v njih dosega specifična poraba električne energije (ca. 650 kWh/t) in poraba elektrod (ca. 6.5 kg/t), kot je bil to svetovni nivo leta 1960. Taki rezultati so tudi posledica še do nedavnega podcenjene električne energije, ki je dopuščala vodenje energijsko neoptimalnih proizvodno-tehnoloških procesov. Današnja tržna cenovna razmerja že terjajo iskanje vseh možnih poti za izboljšanje energijskih bilanc elektroobločnih peči ter splošno selekcijo proizvodnih agregatov; ugasnitev elektroplavža v Železarni Štore v letu 1987 je neposredna posledica teh sprememb. Jasno pa je, da bodo tudi na tem področju le dalj časa trajajoči in trajno tržno orientirani cenovni odnosi zagotavljali boljše izrabo električne energije.

ZUSAMMENFASSUNG

Wegen der immer schärferen Marktwirtschaftsbedingungen wird das Vordernis nach der Produktionskostenoptimierung der Stahlerzeugung in Lichtbogenöfen immer mehr in den Vordergrund gestellt. Der Anteil der Kosten für die im Prozess verbrauchte elektrische Energie wird immer grösser. Die Bewirtschaftung mit elektrischer Energie wird trotz der spezifischen Eigenheiten des selbstständigen Untersystemes ein Bestandteil der Erzeugungstechnologie. In slowenischen Hüttenwerken bilden den Inhalt der Bewirtschaftung mit elektrischer Energie vor allem zwei Niveaus. Der Bereich der rationalen Anwendung

erfasst die Art der Abnahme elektrischer Energie aus dem slowenischen Elektroenergetischen System im Bezug auf die Führung der Belastung des einzelnen Hüttenwerkes über den Tag, Monat und Jahr. Der Bereich der rationalen Anwendung elektrischer Energie ist in den Hüttenwerken bestimmt vor allem als ein Maass der produktionstechnologischen Prozesse ausgedrückt durch wärmetechnische Wirkungsgrade in der Energieofenbilanz aus der Sicht des makroökonomischen Niveaus aber auch in dem neugeschaffenen Wert der von einer verbrauchten kWh gegeben wird.

SUMMARY

Due to ever stricter market competition the demands to optimize costs of steel production in electric arc furnace are more and more in the forefront. Portion of costs of consumed electric energy in the process is increasing; economizing the electric energy is becoming a constituent of manufacturing technology though the independent subsystem has its own characteristics. In Slovene Ironworks the electric energy economizing is done on two levels. The level of rational use includes the

way of energy consumption in the Slovenian electric energy supply network in the respect to controlled load of single plant during the day, the month, and the year. Level of rational exploitation of electric energy in the steel plants is characterized by production processes and expressed by thermal yields in energy balances of furnaces, and from the macroeconomic viewpoint by the newly created value per consumed kWh.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вследствии всё более острых условий хозяйствования на рынках становится всё более требование введения более благоприятных расходов при производстве стали в электрической дуговой печи. Доля расходов, которые в течении процесса утрачивает электрическая энергия становится всё выше, хозяйствование с электрической энергией становится несмотря на специфичность подсистемы составной части технологии производства. В Словенских металлургических заводах составляют основу относительно содержание хозяйствования с электрической энергией главным образом два уровня. Область рационального расхода охватывает способ

приёмки электрической энергии из словенской электро-энергетической системы имея в виду управление обременение отдельных металлургических заводов в течении дня, месяца и года. Область рациональной затраты отн. рационального расхода электрической энергии же в металлургических заводах определено главным образом как размер технологических процессов производства выражено пользованием о теплотехнических итогов в энергетических балансах печи. Рассмотрено же с макроэкономического уровня также с ново созданного значения, которое даёт расходование квт.