

# Změkčování lehké šťávy v opavském cukrovaru

THIN JUICE SOFTENNING IN OPAVA SUGAR FACTORY

Jan Hojgr, Michal Chmel, Jarmila Přidalová – Moravskoslezské cukrovary, a. s., odštěpný závod Opava

Po výstavbě sila na cukr o kapacitě 35 000 t v roce 2001 a rekonstrukci varny v roce 2003 bylo vybudování stanice na změkčování lehké šťávy v roce 2013 třetí největší investicí od doby, kdy se opavský cukrovar stal součástí cukerní divize rakouské společnosti Agrana.

Na základě dlouhodobých zkušeností a spolupráce byla jako dodavatel technologie „Slabě kyselého katexového fraktálního změkčování lehké šťávy“ vybrána firma ESCON GmbH Berlin.

## Cíl investice

Hlavní očekávané přínosy nově vybudované stanice pro změkčování lehké šťávy byly:

- produkce lehké šťávy s garantovanou tvrdostí,
- stabilizace turbidity vyrobeného cukru pod hodnotu 20 IU,
- minimalizace spotřeby antiinkrustačních prostředků,
- úspora nákladů na pokampaňovou údržbu zařízení.

Technické parametry projektu:

- vstupní tvrdost lehké šťávy  $\leq 115$  mg CaO na 100 g sušiny,
- výstupní tvrdost lehké šťávy  $\leq 11,5$  mg CaO na 100 g sušiny,
- maximální průtok šťávy na jednu buňku  $111,5$  m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>,
- maximální provozní tlak 1,5 bar,
- teplota kondenzátu pro vyslazování  $\leq 95$  °C,
- teplota regeneračního kondenzátu 55–65 °C.

## Přípravné práce

Projektování a dimenzování veškerých technologických částí změkčovací stanice probíhalo v režii firmy ESCON Berlin, a to na základě vstupních parametrů lehké šťávy a očekávaných hodnot s ohledem na předpokládanou budoucí zpracovatelskou kapacitu závodu 4 500 t.d<sup>-1</sup>. Předání projektu investorovi proběhlo koncem dubna 2013. Souběžně s projekčními pracemi investor zajišťoval přípravu staveniště pro jednotlivé dílčí technologické

Obr. 1. Trojice změkčovacích buněk ESCON krychlového tvaru



uzly, projekt elektro a na základě dokumentace provozních kroků (ESCON GmbH Berlin) změkčovací stanice zadal zpracování systému automatizace řízení firmě Paris tp, s. r. o., Bratislava.

### Vlastní realizace

Nově budovaná stanice pro změkčování lehké šťávy byla s ohledem na prostorová omezení továrny a návaznost na stávající technologické celky rozdělena do čtyř následujících základních uzlů.

#### 1. Nádrž nezměkčené šťávy

Horizontální válcová odplyňovací podtlaková nádrž na nezměkčenou lehkou šťávu o objemu 40 m<sup>3</sup> byla umístěna v přízemí továrny vedle stávající nádrže na lehkou šťávu. V odplyňovací nádrži byla šťáva zbavena rozpuštěného kyslíku a dále čerpána na změkčovací buňky. Strategické umístění obou nádrží těsně vedle sebe umožnilo jednoduchým způsobem pomocí automatických přepouštěcích klapek zajistit plynulost provozu i v případě výpadku změkčovací stanice.

#### 2. Změkčovací buňky

Samotné změkčování bylo situováno do volných prostorů ve 2. podlaží varny, aby šťáva po změkčení a úpravě pH odtékala samospádem přes pojistný košový filtr do nádrže změkčené lehké šťávy. Změkčování probíhalo ve třech buňkách čtvercového půdorysu umístěných na nosném rámu (obr. 1.). Dvě buňky byly vždy v provozu, třetí byla v režimu regenerace nebo rezervy. Každá buňka byla naplněna 1 m<sup>3</sup> pryskyřice a byla vybavena 8 ks horních a spodních fraktálních desek, které zajišťovaly požadovanou distribuci šťávy a zároveň umožnily využít řady výhod systému (1):

- nižší spotřebu pryskyřice oproti jiným změkčovacím katexům (2),
- menší velikost buněk, nižší investiční náklady,
- nízkou vrstvu pryskyřice, nízkou tlakovou ztrátu,
- rychlý regenerační obrát.

Jako ochrana pryskyřice a fraktálů před ucpáním byly změkčovací buňky na vstupu šťávy doplněny o dva filtry vybavené filtračním materiálem o velikosti pórů 100 μm. Pro usnadnění montážních a údržbových prací byl vytvořen nad změkčovacími buňkami otevřený prostor, do kterého byla umístěna jeřábová drážka.

#### 3. Regenerace

Z hlediska velikosti nejmenší uzel (obr. 2.), ovšem z hlediska správného fungování systému asi nejdůležitější byl vybaven deskovým zahříváčem, bezpečnostním filtrem kondenzátu,

Obr. 2. Stanice regenerace



Obr. 3. Nádrž kondenzátu a regenerátu umístěné vně budovy



Tab. 1. Parametry lehké šťávy před a po změkčování

Kalendářní týden 2013/2014	Lehká šťáva			
	tvrdost (mg CaO na 100 g suš.)		zákal (NTU)	
	před změkčováním	po změkčování	před změkčováním	po změkčování
40	56,6	19,2	1,2	neměř.
41	44,2	9,9	1,3	neměř.
42	45,0	11,2	2,1	1,3
43	49,8	10,2	2,6	1,0
44	61,0	11,9	1,9	0,9
45	67,7	17,9	2,3	1,6
46	58,7	11,0	1,3	0,6
47	64,5	15,6	2,0	1,2
48	54,9	13,0	1,9	0,9
49	57,7	10,5	1,1	0,5
50	52,3	17,4	1,5	0,7
51	62,1	21,0	1,4	0,7
52	56,4	18,6	1,4	0,9
1	54,6	20,7	1,3	0,9
2	85,8	46,6	1,3	1,0
Průměr	58,0	14,0	1,72	0,95

směšovačem a zásobní nádrží na koncentrovanou kyselinu sírovou. Zajišťoval distribuci chlazeného i horkého kondenzátu pro řadu kroků regenerace a předehřevu nebo zchlazení pryskyřice.

#### 4. Nádrž kondenzátu a regenerátu

Jedinou část technologie změkčování, situovanou vně hlavní výrobní budovy, tvoří 150 m<sup>3</sup> velké nádrže kondenzátu a regenerátu (obr. 3.). Byly umístěny v blízkosti změkčovacích buněk na nosné železobetonové záchytné vaně.

#### Popis procesu změkčování

##### Změkčování lehké šťávy pomocí slabě kyselého katexu

Nezměkčená lehká šťáva natéká z bezpečnostní filtrace po 2. saturaci do nádrže tvrdé šťávy. Nádrž je provozována v regulovaném podtlaku tak, aby došlo k odstranění rozpuštěného kyslíku ze šťávy, která natéká do nádrže přes dóm naplněný 60 cm vrstvou Raschigových kroužků. Odplyňovací potrubí nádrže je napojeno přes regulační klapku na barometrickou kondenzaci.

Z nádrže je šťáva čerpána do změkčovacích buněk přes bezpečnostní filtr. Celkové množství šťávy je dávkováno v závislosti na hladině v odplyňovací nádrži a je rovnoměrně rozděleno regulačními klapkami do dvou buněk. Zároveň je kontrolován tlakovým snímačem maximální povolený tlak na buňku.

Buňka, která je připravena k provozu s pryskyřicí ve vodíkové formě z natékající šťávy v první fázi vymění ionty vodíku H<sup>+</sup> za kationty draslíku a sodíku. Takřka současně dojde k přilnutí iontů vápníku Ca<sup>++</sup> a hořčíku Mg<sup>++</sup> lehké šťávy k pryskyřici a každý vymění dva ionty draslíku a sodíku K<sup>+</sup> a Na<sup>+</sup> (2). Ze spodního výtoku opouští lehká šťáva se sníženým obsahem vápníku a hořčíku změkčovací buňku a natéká přes bezpečnostní košový filtr do nádrže změkčené lehké šťávy za současně regulované úpravy nízkého pH přidáním 50% NaOH do statického směšovače.

Poté, co je pryskyřice nasycena ionty vápníku a hořčíku musí být reaktivována tzv. regenerací.

#### Regenerace

Jakmile systém na základě proteklého množství šťávy přes buňku nastartuje proces regenerace, je buňka nejdříve „vyslazena“, tzn. pomocí horkého kondenzátu je šťáva z buňky postupně vytlačována až do dosažení požadované hodnoty polarizace šťávy. Vlastní regenerace probíhá zředěnou kyselinou sírovou (~0,5 hm. %). Požadované naředění je dosaženo přidáním 98% kyseliny do toku kondenzátu pomocí injektoru statického směšovače. Ionty vodíku H<sup>+</sup> jsou vyměněny za ionty vápníku Ca<sup>++</sup>, které jsou uvolňovány z pryskyřice ve formě rozpuštěného síranu vápenatého CaSO<sub>4</sub>, který je jako tzv. regenerant shromažďován v nádrži regenerantu a řízeně odčerpáván do zásobníku čerstvé vody pro difuzi. Systém změkčování lze tudíž považovat za bezodpadní. Navíc odpadní regenerant díky svému chemickému složení podporuje lisovatelnost vyloužených řízků.

V závěrečné fázi regenerace je pryskyřičné lože propláchnuto během několika minut kondenzátem ve směru toku šťávy v množství cca 50 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> a případné usazeniny ve fraktálních deskách jsou odstraněny z buňky zpětným proplachem kondenzátu postupným nátokem až do dosažení hodnoty průtoku 150 m<sup>3</sup>. Poté je buňka systémem automaticky zařazena do fáze přípravy na změkčování.

#### Řídicí systém změkčovací stanice

Provoz stanice je plně automatizovaný s možností změn parametrů na různých úrovních, např. celková délka fáze změkčování, opakování dílčích kroků, korekce nátoků, změny teplot atd. Řídicí systém zajišťuje rovněž řadu kontrolních a monitorovacích činností prostřednictvím tlakových čidel, pHmetrů, teploměrů a další měřicí a kontrolní techniky. Stanici lze rovněž v nutných případech provozovat v poloautomatickém nebo omezeném režimu.

Celý systém řízení je rozdělen do čtyř modulů. Tři samostatné moduly řídí provoz jednotlivých změkčovacích buněk, čtvrtý slouží pro řízení kondenzátního hospodářství a regeneraci. Systém podle projektu firmy ESCON dodala firma Paris tp, s. r. o., Bratislava, která rovněž implementovala tuto řídicí část do celkového systému automatizace výroby.

#### Provoz a dosažené výsledky

Prakticky bezproblémové najetí změkčovací stanice proběhlo v druhém týdnu kampaně za přítomnosti zástupců projekční organizace ESCON Berlin. Pro první plnění buněk

byla použita slabě kyselá makroporézní, katexová pryskyřice Mitsubishi Relite CNS. V první polovině kampaně bylo dosaženo velmi dobrých výsledků tvrdosti změkčené lehké šťávy, která se pohybovala v průměru kolem 5 mg CaO na 100 g sušiny. Proto byla výsledná tvrdost korigována pomocí přepouštěcí automatické klapky mezi potrubím tvrdé a měkké šťávy tak, aby byla udržována výsledná hodnota tvrdosti okolo 10 mg CaO na 100 g sušiny.

V průběhu kampaňového provozu byl pozorován pozvolný nárůst rozdílu tlaku mezi vstupem a výstupem šťávy na jednotlivých změkčovacích buňkách, což mělo za následek postupné omezování nátoku šťávy na změkčovací stanici. Po konzultaci s projekční organizací ESCON bylo zhruba v polovině kampaně rozhodnuto o nezbytné odstávce stanice v délce tří dnů, při níž bylo nutné vyjmout z jednotlivých buněk katex a provést vyčištění sít na fraktálních deskách, u kterých byl částečně omezen průtok vlivem organických a anorganických materiálů. K vyčištění fraktálních desek byl použit 3% roztok chlornanu sodného a následně byly desky dočištěny tlakovou vodní myčkou. Čištění se podařilo provést ve velmi krátkém čase, takže odstávka neovlivnila denní zpracování řepy ani kvalitativní ukazatele. Drobnou úpravou systému regenerace bude pro příští kampaň celý proces zautomatizován, čímž bude případná potřeba odstávky eliminována. Zvolená pryskyřice bohužel v závěru kampaně začala ztrácet svou kapacitu, což mělo za následek o něco vyšší výslednou průměrnou tvrdost lehké šťávy než plánovaných 11,5 mg CaO na 100 g sušiny. Průměrná tvrdost dosáhla 14 mg CaO na 100 g sušiny (viz. tab. I.).

Navzdory těmto okolnostem výrazné snížení tvrdosti lehké šťávy pozitivně ovlivnilo práci na odparce a přispělo k vylepšení energetické bilance. Odparka se obešla bez použití antiinkrustačních prostředků.

## Souhrn

Zprovozněním stanice pro změkčování lehké šťávy v závodě Moravskoslezské cukrovarny, a. s., v Opavě byl splněn hlavní cíl této investice: snížení tvrdosti lehké šťávy a tím zajištění výroby cukru v požadovaném množství a kvalitě. Produkce změkčené lehké šťávy

měla pozitivní vliv na plynulost provozu, přispěla k úsporám nákladů na palivo a antiinkrustační prostředky.

Zavedením této špičkové technologie opavský závod jednoznačně posunul oblast kvality produktu na vyšší úroveň a jasně deklaroval, že zaujímá významnou pozici mezi ostatními závody cukerní divize společnosti Agrana.

**Klíčová slova:** Moravskoslezské cukrovarny, cukrovar Opava, výroba cukru, změkčování lehké šťávy.

## Literatura

1. KEARNEY, M.; REARICK, D. E.: Weak cation exchange softening: Long term experience and recent developments. In *Proc. 32<sup>nd</sup> Biennial Meeting – American Society of Sugar Beet Technologists*, 2003, s. 257–264.
2. *Weak cation fractal thin juice softener, process description*. ESCON GmbH, Berlin, 2013.

## Hojgr J., Chmel M., Přidalová J.: Thin Juice Softening in Opava Sugar Factory

The main aim of thin juice softener installation in Opava factory, Moravskoslezské cukrovarny, a. s. group, has been fulfilled: thin juice hardness is reduced and sugar production is thus in the required amount and quality. Soft thin juice production had a positive effect on the production continuity; it contributed to cost savings on fuel and anti-scaling agents.

By putting this up-to-date technology into operation, Opava factory definitely pushed the field of quality to a higher level and clearly indicated that it is holding an important role among other factories of the Agrana sugar division.

**Key words:** Moravskoslezské cukrovarny, Opava sugar factory, sugar production, thin juice softening.

## Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jan Hojgr, Moravskoslezské cukrovarny, a. s., odštěpný závod Opava, Vávrovická 273, 747 73 Opava-Vávrovice, Česká republika, e-mail: jan.hojgr@agrana.com

ROZHLEDY

### Gilfillan W. N., Doherty W. O. S. Vlhkost a tažnost filmů ze škrobu a třtinové nanovlákniny (Moisture and tensile strength properties of starch-sugar cane nanofibre films)

Pro škrobové filmy je příznačná jejich nízká cena, biodegradabilita, relativně vysoký obsah škrobu a možnost chemických modifikací. Významné zlepšení fyzikálně-chemických vlastností škrobových polymerů bylo dosaženo po přidání nanovlákniny třtinové bagasy. Přídavek 5, 10 nebo 20 % nanovlákniny bagasy k modifikovanému bramborovému škrobu se projevil snížením adsorpce vlhkosti až na 17 % při relativní vlhkosti 58 %. Tažnost folií a Youngův modul se zvýšily na 100 %, resp. 200 % při přídavku nanovlákniny 10 %, resp. 20 % při relativní vlhkosti 58 %. Tečné napětí se snížilo na 70 % při přídavku 20 % vlákniny. Výsledky ukazují, že přídavek nanovlákniny třtinové bagasy významně zlepšil vlastnosti folií.

*Int. Sugar J.*, 116, 2014, č. 1381, s. 24–29.

Kadlec

### Vawda A. S., Sarir E. M., Donado C. A. Předběžná zpráva o použití vysoce účinných adsorbčních prostředků při rafinaci třtinového surového cukru v řepných cukrovarech (Preliminary report on the use of high performance adsorbents in co-refining raw sugar in beet factories)

Vzhledem k tomu, že barevné látky řepných a třtinových sirobů mají odlišný charakter, je nutno při souběžné rafinaci třtinového surového cukru v řepném cukrovaru limitovat množství přidávaného třtinového surového cukru, aby byla udržena vysoká kvalita bílého cukru. Článek se zaměřuje na odstranění barevných látek obsažených především na povrchu krystalů. Třtinový surový cukr se do výrobního postupu řepného cukrovaru může přidávat na třech místech: k surové šťávě před předčeřením; ke šťávě po první saturaci a k těžké šťávě.

*Sugar Ind. / Zuckerind.*, 138, 2014, č. 5, s. 295–297.

Kadlec