

## EXPERIMENTÁLNÍ PŘÍSTUPY KE STUDIU VLIVU SODÍKU NA DLOUHODOBÉ VLASTNOSTI

Ing. Venanc W a l d e r , CSc., Ing. František  
D u f e k , Ing. Tasilo P r n k a , DrSc.  
VÚHŽ Dobruška

### 1. Úvod

Použití ocelí jako konstrukčních materiálů pro energetická zařízení s tekutým sodíkem, nebo obecně alkalickými kovy, přineslo do výzkumné fyzikálně metalurgické problematiky zcela nové otázky, jež se do této doby v takovém rozsahu nevyskytovaly.

Problematika se principiálně rozpadá do dvou dosti samostatných oblastí, a to fyzikálně metalurgická problematika vlastního sodíku zahrnující i technologii práce s tekutým sodíkem a pak problematika chování ocelových materiálů při dlouhodobém styku s tekutým sodíkem.

Jestliže pro svou mimořádnou specifickou povahu stranou otázky sodíku, pak zcela ve shodě se zaměřením tohoto semináře můžeme se v dalším zcela zaměřit na působení sodíku na dlouhodobé vlastnosti konstrukčních ocelí.

Hned úvodem je třeba říci, že jakkoliv problematika interakce tekutého sodíku s povrchem ocelových součástí je sama od sebe interpretačně náročná a zasluhující značnou pozornost, za klíčový problém v konečné fázi nutno považovat interpretaci dějů, jež určují dlouhodobé mechanické vlastnosti ocelí, neboli funkční materiálové parametry komponent daných energetických zařízení. A jelikož k funkčním materiálovým požadavkům patří především pevnostní vlastnosti podmíněné strukturní stabilitou, je tím dán i cíl studia - dlouhodobé strukturní charakteristiky a mechanické vlastnosti v podmínkách kombinovaného mechanického namáhání při zvýšených provozních teplotách za intenzivního působení sodíku v nejrůznějších formách projevu.

především jako přenos jednotlivých prvků mezi sodíkem a ocelovou součástí, případně povrchová plošná koroze.

Tento příspěvek je jen částí širšího studia a dal si pouze za úkol podat stručnou informaci o zařízení a metodě, jež je aplikována ve VÚHŽ ke studiu vlivu superposice mechanického namáhání a vlivu tekutého sodíku při zvýšených teplotách do creepové oblasti.

Vlastní návrh zařízení vychází z rozboru podmínek namáhání parogenerátorových trubek /1/; koncepce a návrh zkušebního zařízení byl již v minulosti stručně publikován /2/.

Od té doby bylo zařízení již realizováno a má za sebou rok zkušebního provozu.

Základní uspořádání a funkce zkušebního zařízení.

Realizované experimentální sodíkové zařízení ve VÚHŽ Dobrá je dynamické dvouokruhové sodíkové zkušební zařízení, umožňující provoz s teplotním spádem v hlavním zkušebním okruhu /2/. Sestává z hlavního okruhu se zkušební sekci a s absorberem korozních produktů a z pomocného čistícího okruhu s chladnou jímku. Oba okruhy mají společnou zásobní nádrž, argonové hospodářství a vakuovací systém.

Stěžejní částí ESZ je hlavní zkušební okruh. Je tvořený oběhovým čerpadlem sodíku, elektrickým ohřívákem, zkušební sekci se šesti v sérii zapojenými zkušebními kontejnery, vzduchovým chladičem, průtočným absorberem korozních produktů.

Vyrovňovací nádrž je zapojena jako průtočná, aby byla zajištěna stejná čistota sodíku v celém okruhu. Slouží k vyrovnávání objemových změn sodíkové náplně vlivem změn teploty sodíku. Teplotní spád v okruhu je zajišťován systémem ohřívák-rekuperátor-chladič tak, aby teplotní rozdíl mezi zkušebními vzorky a absorberem korozních produktů byl min. 100°C. Ohřívák sodíku je elektrický, max. příkon je 92 kW. Chladič je typu sodík-vzduch a jeho výkon je 80 kW. Rekuperátor sodík-sodík je přímý typu trubka v trubce. Oběhové čerpadlo hlavního okruhu je elektromagnetické induk-

ční o max. výkonu  $15 \text{ m}^3/\text{hod.}$ , rychlost proudění sodíku v oblasti měřených vzorků je  $1 \text{ m}/\text{sec.}$ , teplota sodíku max.  $550^\circ\text{C}$ .

Zařízení je doplněno argonovým hospodářstvím s čistítkou argonu a vakuovacím systémem, nutným k dosažení potřebné čistoty okruhů před plněním sodíkem. Nízkotlakého argonu je zde použito jednak jako krycího plynu ve volných prostorách plnicí a vyrovnávací nádrže a k plnění okruhu sodíkem a vysokotlakého argonu je použito jako pracovního média k vytvoření pracovního přetlaku (max.  $14 \text{ MPa}$ ) ve zkušebních vzorcích.

Zásobu tekutého sodíku pro oba okruhy tvoří zásobní nádrž. Plnění okruhů sodíkem se provádí přetlakem argonu v zásobní nádrži.

Pomocný čistící okruh je připojen paralelně k absorberu korozních produktů a je tvořen chladnou jímkou o obsahu  $50 \text{ l}$ , chlazenou vzduchem, rekuperátorem typu trubka v trubce tvaru U s oběhovým elektromagnetickým indukčním čerpadlem o výkonu  $1,6 \text{ m}^3/\text{hod.}$  Okruh slouží k regulaci množství nečistot v sodíku, zvláště  $\text{O}_2$ .

Stěžejní částí hlavního okruhu ESZ je zkušební sekce, tvořená šesti v sérii zepojenými zkušebními kontejnery.

Zkušební kontejnery jsou řešeny tak, aby byla dodržena stejná rychlost proudícího sodíku kolem všech zkušebních vzorků. Každý zkušební vzorek má samostatné napojení na zdroj vysokotlakého argonu. Zkušební vzorky jsou z vnější strany obtékány tekutým sodíkem definované teploty, čistoty a rychlosti, takže sodík zabezpečuje ohřev vzorků a korozní prostředí. Dvojosé napětí ve stěně vzorku je vyvoláno vnitřním přetlakem argonu. Vysokotlaký argon je přiveden ke každému vzorku samostatně. Při porušení vzorku probublá argon do vyrovnávací nádrže, umístěné v těsné blízkosti nad zkušební sekci.

## Diskuse a závěr.

Studium ocelí v tekutém sodíku má v Československu již tradici. Nejstarší průkopnické práce Ilinčeva byly prováděny v SVŮOMU již před 25 léty a do dnešních dnů na tomto pracovišti pracuje skupina úspěšných pokračovatelů.

Nejvýznamnějším příspěvkem k poznání interakce sodík-ocel prostřednictvím diskutovaného našeho zařízení by mělo být experimentální ověření představ vzájemného ovlivňování mechanického namáhání a působení tekutého sodíku při jejich superponovaném vlivu na dlouhodobé vlastnosti žárupevných ocelí parogenerátorových trub.

Vlastní rozbor a návrh kvantitativního řešení interakce tekutého sodíku v oceli včetně možného vlivu na strukturu a zprostředkovaně na vlastnosti je předmětem samostatné přednášky /3/, zde naopak bylo cílem alespoň rámcově seznámit s experimentálním zařízením a zdůraznit některé nejdůležitější specifické stránky.

Až do nedávna převážná většina zkoušek materiálů v tekutém sodíku byla prováděna v uzavřených nádobách nebo v lepším případě ve smyčkách, v nichž proudil sodík samovolně pod vlivem konvekčního proudění. V obou těchto případech sodík setrval ve styku se vzorkem nebo se stěnou potrubí, případně s absorberem korozních produktů, dostatečně dlouho, aby mohlo dojít k téměř úplnému vyrovnání aktivit jednotlivých prvků v sodíku a v reagující oceli. Posuzování celého procesu se tedy v tomto případě může řešit za předpokladu stavu blízkému dosažení rovnováhy na stykové ploše, přenos prvků probíhá pomalu a jeho matematický popis se jeví zvládnutelný. Ve skutečných parogenerátorech je stav značně odlišný. Proud sodíku postupuje několik metrů za sekundu a průtok je tak značný, že při přechodech do pásma s jinou teplotou nebo s jinou ocelí nelze uvažovat o možnostech dosažení vyrovnání aktivit mezi sodíkem a ocelí. Vyrovnání se uskuteční jen částečně a aktivity jednotlivých prvků rozpuštěných v sodíku je v každém místě funkcí celého teplotního reliefu podél smyčky, jakož i reliefu rozložení typů oceli a ve-

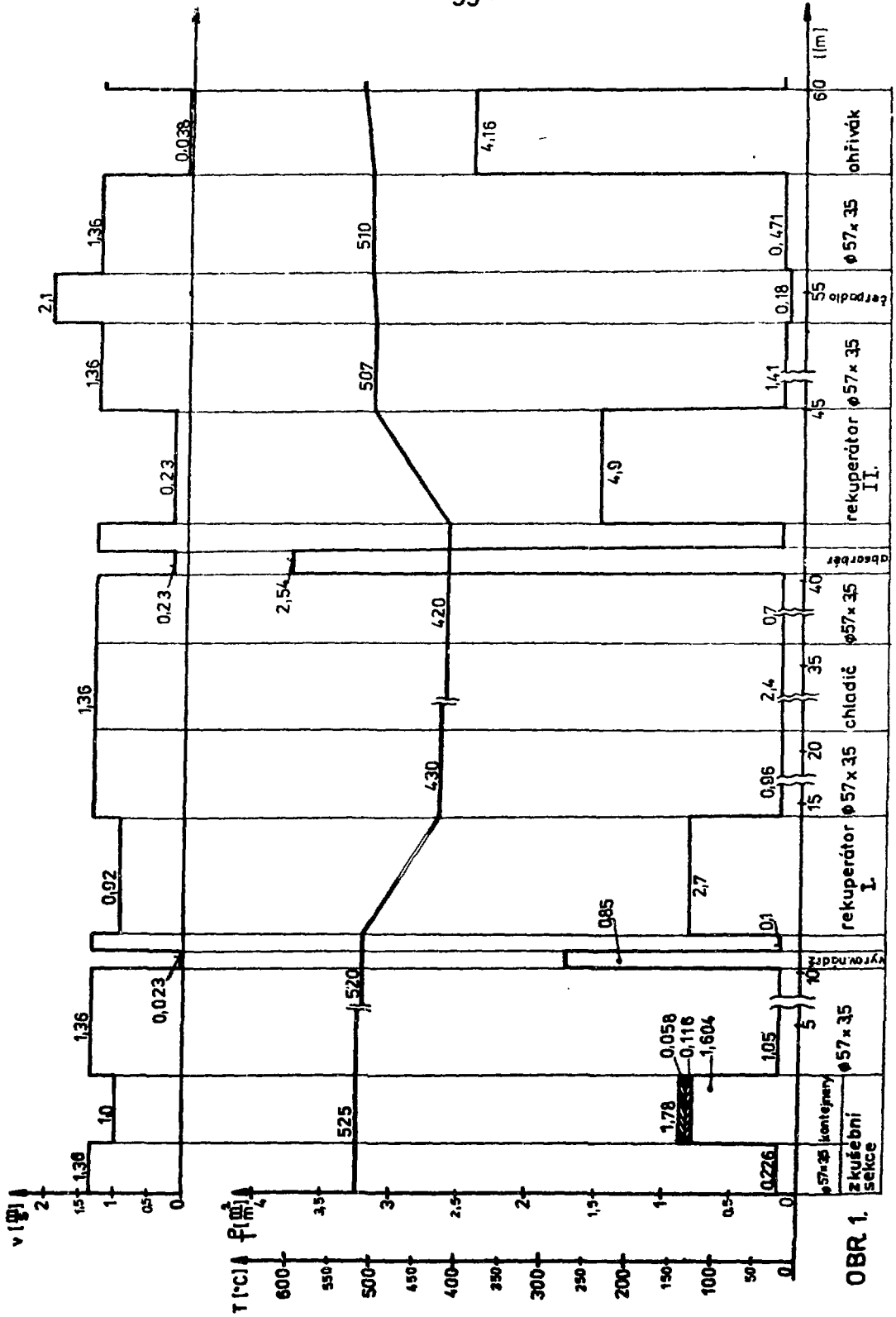
likosti ploch v celém okruhu.

Dosti podobná je situace ve zkušebním zařízení s vynuceným prouděním sodíku. Zde taktéž sodík prochází všemi ocelovými částmi s relativně vysokou rychlostí, jež neumožňuje plné vyrovnání aktivit a řešení je komplikováno výskytem v okruhu ocelí různých typů, sodík má v různých místech okruhu velmi rozdílné rychlosti proudění a teploty se liší o sto stupňů. Podle našich představ dostatečně přesným popisem materiálových změn všech zúčastněných ocelí by mělo být možno, v optimálním případě, zpracovat návrh modelu přenosu hmoty nejen mezi ocelí a sodíkem v jednom sledovaném místě, ale i podél celého uzavřeného okruhu.

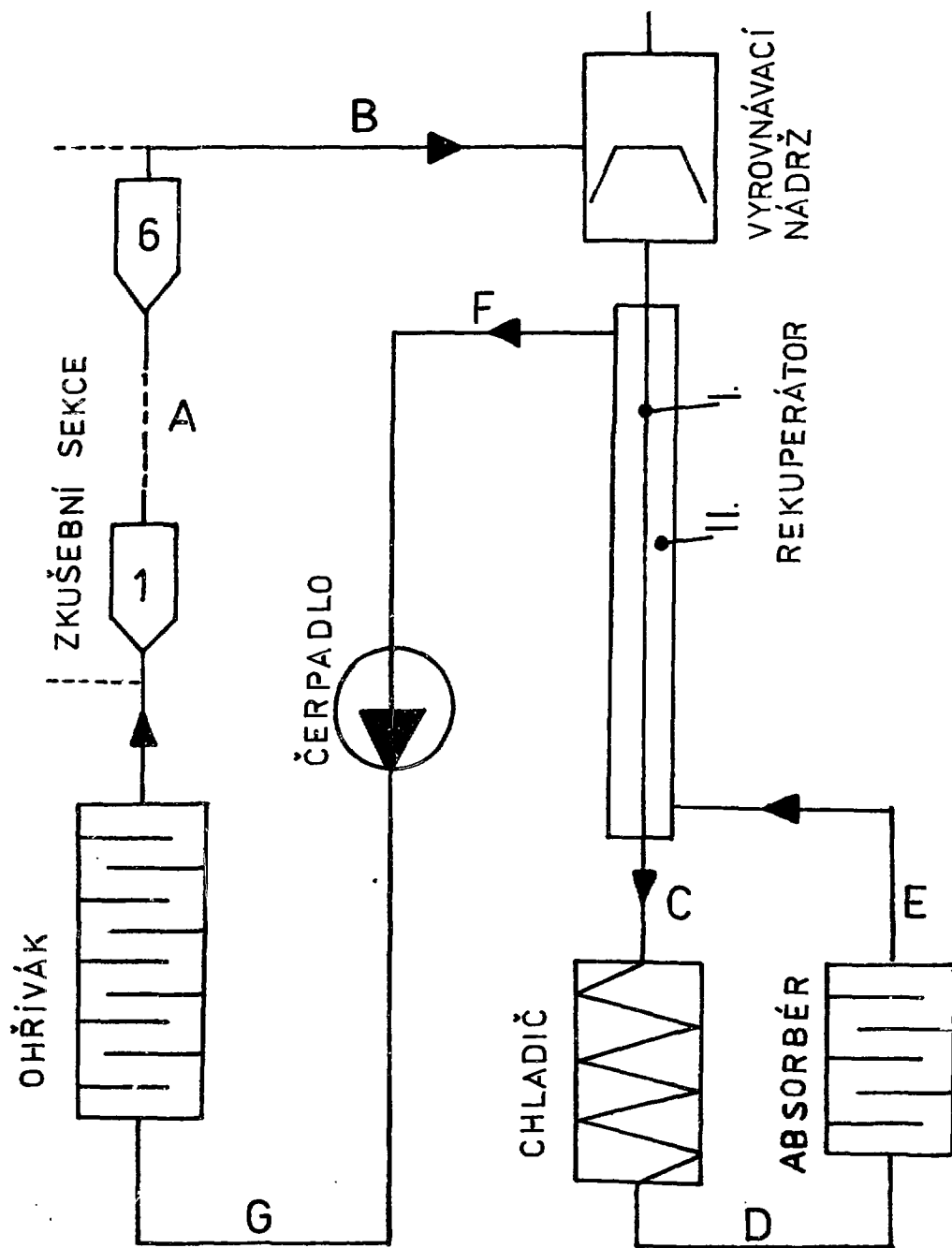
Pro ilustraci značné členitosti termodynamických podmínek v jednotlivých místech našeho experimentálního zařízení je na obr. 1. znázorněn průběh teplot, rychlosti a velikosti aktivních ploch podél celého hlavního okruhu. Schematické uspořádání hlavního okruhu je na obr. 2.

#### LITERATURA

1. Walder V., Gottwald M., Kučera J. a další: Feriticko-perlitické a bainitické oceli pro PG RR, Zpráva VÚHŽ, srpen 1977
2. Dufek F., Walder V., Čech Vl., Winkler P.: Zařízení k dlouhodobým zkouškám tečení materiálů v prostředí tekutého sodíku - Sborník semináře "Zařízení a metodika zkoušení vlastností ocelí v tekutém sodíku", VÚHŽ Ostravice, duben 1980
3. Walder V.: Příspěvek k termodynamice degradace vlastností mater. v PG RR při působení tekutého sodíku - v tomto sborníku



OBR. 1.



A...G SEKCE POTRUBÍ  $\phi 59 \times 3,5$

OBR. 2 SCHÉMATICKÉ USPOŘÁDÁNÍ  
HLAVNÍHO OKRUHU SODÍKOVÉ SMYČKY