

MĚŘENÍ ZBYTKOVÝCH NAPĚTÍ NEDESTRUKTIVNÍM ZPŮSOBEM S VYUŽITÍM PŘÍSTROJE ION-C

V příspěvku jsou popsány princip práce, technické údaje a funkce přístroje, kalibrace a postup měření včetně zkušeností z praktického užití tohoto přístroje.

1. Účel a užití přístroje

Přístroj pro měření zbytkových napětí s digitální indikací ION-C s příkládacím snímačem je určen pro nedestruktivní kontrolu mechanických napětí a měření zbytkových a provozních napětí na plochých i zakřivených površích strojů a částí z feromagnetických materiálů při různých stádiích výroby v laboratorních a dílenských podmínkách při teplotě okolí od 10°C do 35°C a relativní vlhkosti do 80 %. Při měření musí být přístroj umístěn mimo dosah silových elektrických a magnetických polí.

Měření napětí na feromagnetických materiálech umožňuje přístroj od hodnoty 5 MPa do meze úměrnosti. Při dodržení požadované drsnosti kontrolovaného povrchu do 1,6 μm a při maximálním poloměru zakřivení povrchu 15 mm je v prospektu výrobce přístroje NIPT Maš Kramatorsk uváděna chyba měření max 10 %. Vzhledem k rozměrům přístroje 300 x 280 x 90 mm a váze 5 kg je přístroj velice snadno přemístitelný.

2. Princip práce a popis funkce přístroje

Vlivem mechanických napětí se u většiny feromagnetických materiálů mění jejich magnetické vlastnosti tak výrazně, že kromě intenzity magnetického pole a teploty je možno mechanické napětí považovat za jeden ze základních činitelů ovlivňujících magnetické vlastnosti těchto materiálů. Změny magnetických vlastností působením mechanických deformací lze nazývat magnetoelasticitou. Při působení mechanického zatěžování na feromagnetické těleso vzniká mechanická deformace tělesa ϵ , napětí σ a následkem toho se mění permeabilita μ , která působí změnu magnetického odporu obvodu R_m , tím i impedance Z a výstupního proudu I . Tyto změny můžeme symbolicky zapsat

$$F \rightarrow \epsilon \rightarrow \sigma \rightarrow \mu \rightarrow R_m \rightarrow Z \rightarrow I \quad (1)$$

Princip práce přístroje v souladu se symbolickým zápisem (1) a blokovým schematem na obr. 1. spočívá v přivádění střídavého napětí z generátoru obdélníkových impulsů ustáleného kmitočtu 800 Hz přes dva zesilovače výkonu na budicí cívku snímače. Snímač se tlakem přitiskne na kontrolovaný výrobek, v jehož povrchové vrstvě vyvolá střídavé magnetické pole.

Snímač sestává z magnetického obvodu měřících a

budících vinutí a slouží pro převedení magnetických charakteristik povrchové vrstvy zkoumaného výrobku na elektrický signál. Blok demodulátoru sestává ze dvou jednocestných usměrňovačů, sumátoru, filtru nízkých frekvencí a slouží pro přeměnění proměnného výstupního signálu snímače ve stálé napětí. Blok primárního zpracování signálu sestává z taktovacího generátoru, čítače, paměti, sumátoru a dvou D/A převodníků a provádí kompenzaci počátečního předpětí zpracování a skladování informace ze snímače. A/D převodník uskutečňuje přizpůsobení bloku prvotního zpracování signálů s blokem indikace. Blok indikace zobrazuje výsledek měření na číslicovém displeji. Blok napájení dodává tři stabilizovaná napětí +15, -15 V a +5 V.

Blok řízení, určený pro zadání dvou režimů, dvou způsobů práce a vynulování údajů přístroje, sestává ze šesti tlačítkových přepínačů. Režim práce "1" je určen pro odhad vlivu různých technologických operací a také hodnoty a znaménka vektoru mechanických napětí na změnu magnetických charakteristik. Režim práce "2", pracovní, je určen pro získání funkcionální závislosti mezi hodnotami jednoosých mechanických napětí a údaji přístroje. V obou režimech práce přístroje se mohou měření uskutečňovat ve statickém a dynamickém módu. Statický mód uchovává v paměti špičkové hodnoty měřených napětí. Dynamický mód se užívá při cejchovním měření a při zjišťování provozních zbytkových napětí. Přitom zejména cejchovní měření se doporučuje provádět s použitím přípravků, fixujících snímač na měřený povrch.

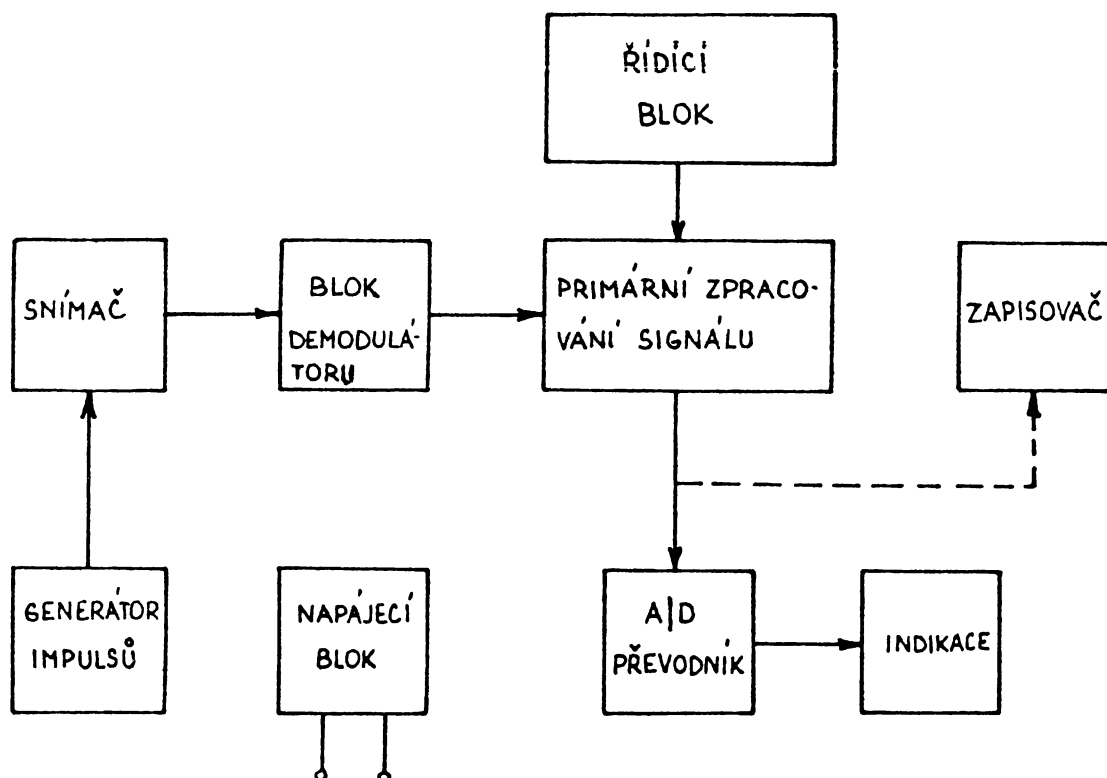
3. Kalibrace

Kalibrováním se určí závislosti údajů přístroje ION-C na hodnotě poměrné deformace resp. mechanického napětí pro požadované feromagnetické materiály na vzorcích pro tahové a tlakové namáhání na standardním zkušebním stroji. Kalibrační vzorky musí být podrobeny stejnému tepelnému zpracování jako výrobek. Před kalibrací je nutno vzorky odmagnetovat zařízením, které je součástí dodávky přístroje. Cejchovní závislosti, zjištěné pro různé druhy materiálů, jsou uvedeny na obr. 2.

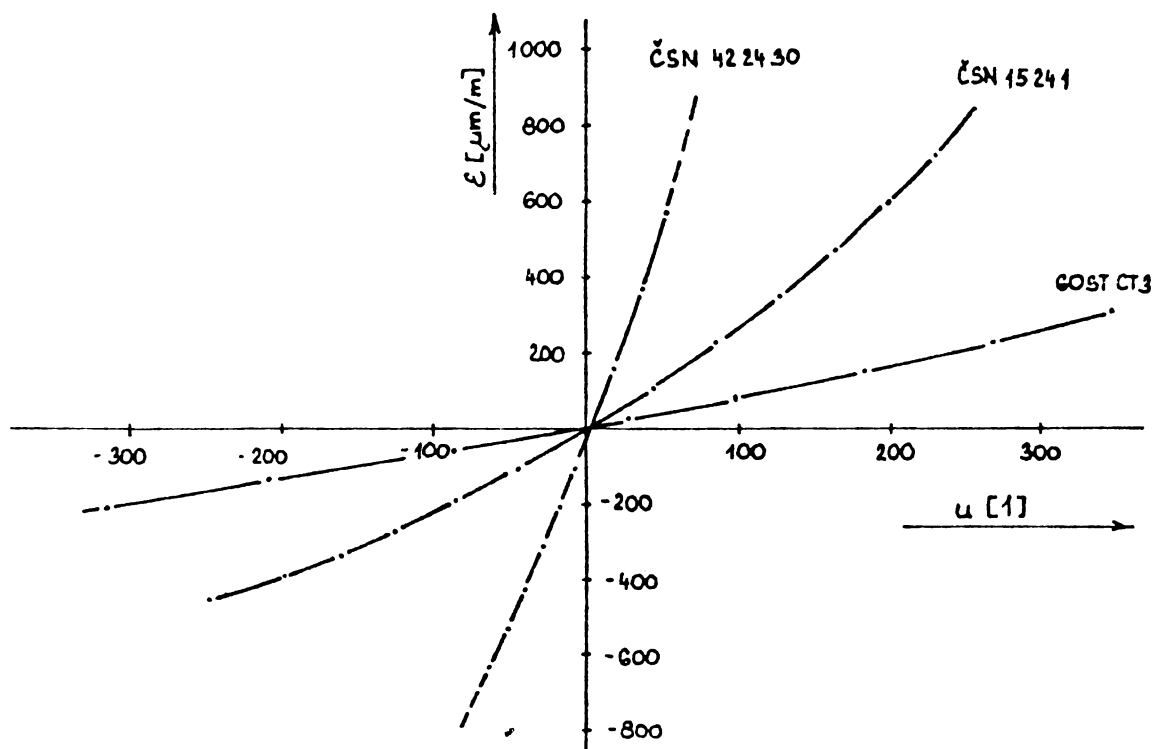
4. Měření napětí na povrchu konstrukcí a součástí

Posloupnost operací při měření napětí spočívá v přípravě povrchu, odmagnetování, měření hodnot deformace resp. napětí v podmíněných jednotkách a vyhodnocení výsledků. Povrch pro měření musí být připraven stejným způsobem jako pro tenzometrická měření s drsností povrchu do 1,6 μm tak, aby se přípravou nevnášelo velké zbytkové pnutí do povrchu součásti. Pro odstranění vrstvičky mechanického zpevnění od přípravy povrchu a tím zpřesnění měření se doporučuje povrch leptat roztokem kyseliny solné o měrné váze 1,19 a koncentraci 150 - 350 g/l do šedé barvy s následnou pasivací roztokem kysličníku chromového.

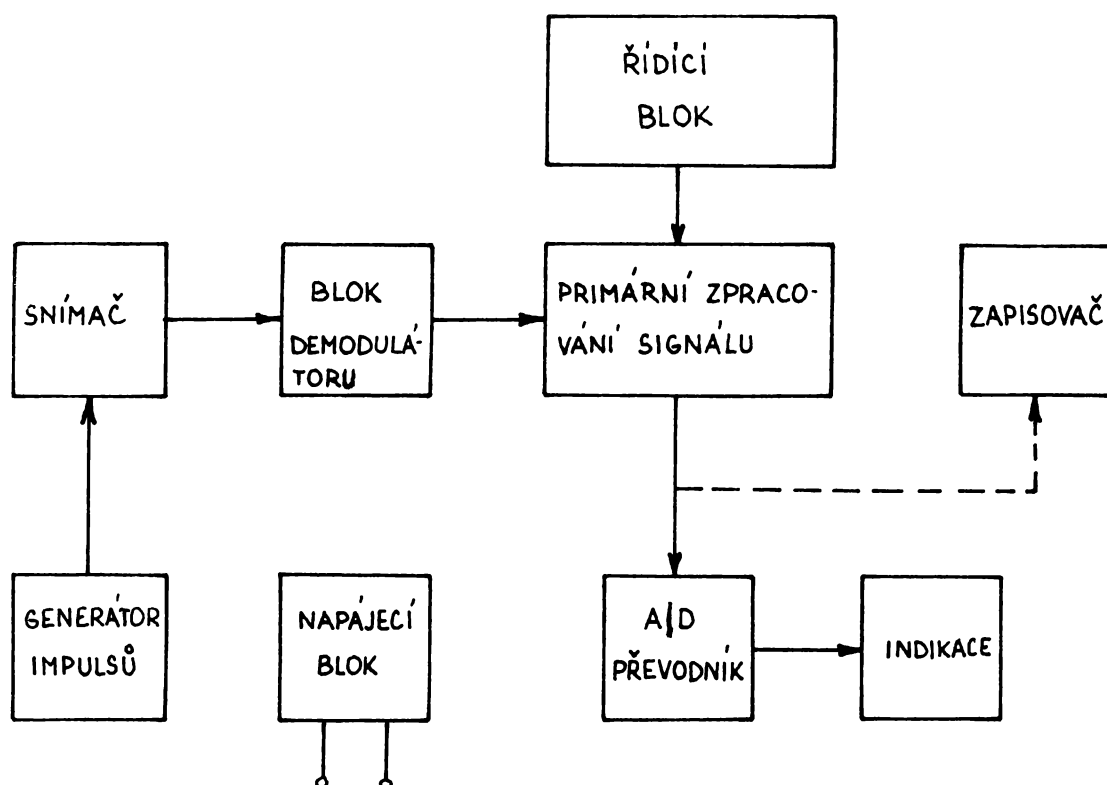
Poté se povrch proměřované součásti orýsuje tužkou s



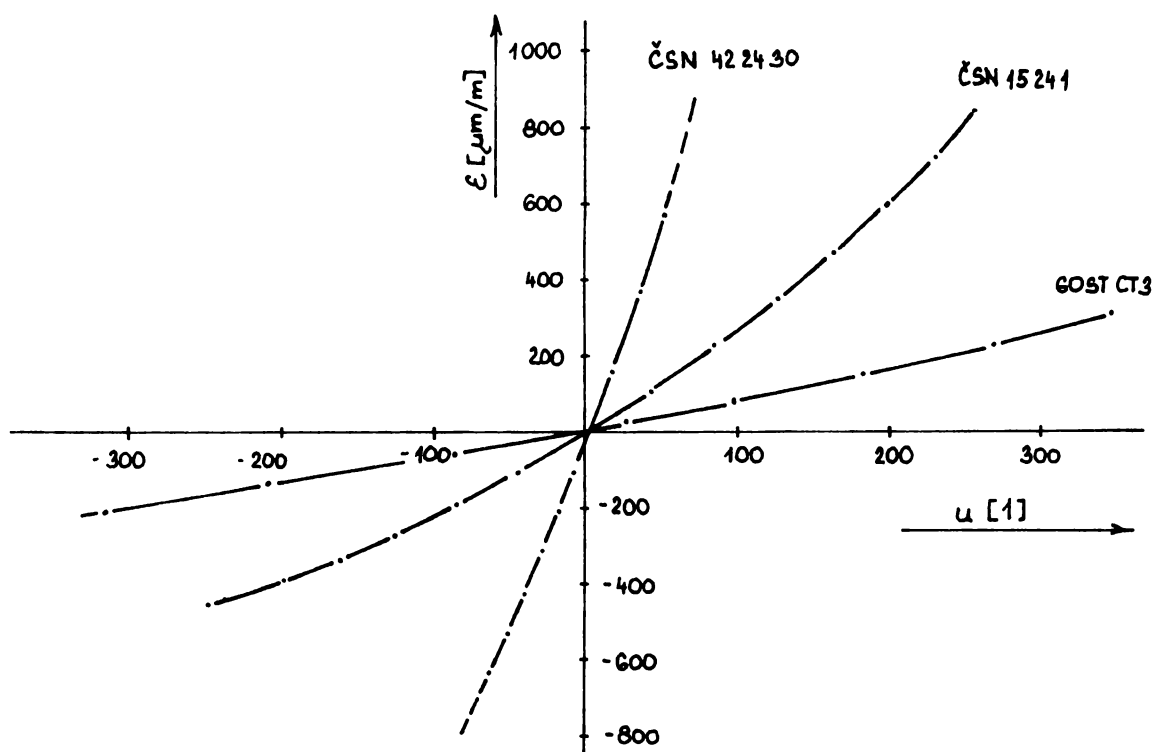
Obr.1. Blokové schéma přístroje ION - C.



Obr.2. Cejchovní závislosti ze zkušebních vzorků pro různé feromagnetické materiály



Obr.1. Blokové schéma přístroje ION - C



Obr.2. Cejchovní závislosti ze zkušebních vzorků pro různé feromagnetické materiály

hustotou kroku v oblastech koncentrace napětí 1 - 5 mm, v ostatních oblastech 10 - 50 mm. Následuje odmagnetování celého výrobku, je-li malý, u rozměrného pouze v proměřované oblasti. Před měřením je nutné vyvážit přístroj na nulovou hodnotu v přípravku na nezatíženém ("nulovém") kalibračním vzorku. Při měření se snímač orientuje červenou ryskou do směru působícího napětí, přemisťuje se bez posunu a přitlačuje se v každém kontrolovaném bodě. Údaje v poměrných jednotkách u přístroje ION-C se pomocí předem určených kalibračních závislostí převedou na poměrnou deformaci ϵ v $\mu\text{m/m}$ případně přímo na napětí σ v MPa.

5. Závěr

Na základě poznatků a ověřovacích prací lze při dodržení stanovených podmínek přístroj ION-C s výhodou používat k určování provozních a zbytkových napětí při jednoosé napjatosti. Dvouosou napjatost, přes kladné přívatní vyjádření autora přístroje/1/ i ilustrační příklad měření napětí na ploché desce se svarem, uvedený v návodu k požití, nelze podle našich výzkumů kvantitativně s uváděnou přesností přímo určovat. Řešením se ukazuje být kombinace měření napětí přístrojem ION-C s dodatečným upřesňujícím užitím některé z polodestruktivních metod určování zbytkových napětí.

Seznam literatury:

- /1/ Dolhof V., Roubíček Z. - Zpráva o zahraniční služební cestě do SSSR - B/O VNĚŠTĚCHNIKA ve dnech 21. - 24. 9. 1987. Cestovní zpráva škoda, k. p. Plzeň, 1987.
- /2/ Dokumentace a návod k požití přístroje ION-C, 1989.

Ing. Václav Dolhof, CSc. - Ústřední výzkumný ústav k. p. škoda Plzeň, 316 00 Plzeň