

Bohumil Malina, VÚHU

Problematika určování vnitřních vad čepů náprav LH vozů
v provozních podmínkách SHR ultrazvukem

I. Úvod

Nepříznivé dynamické namáhání podvozku velkoprostorových vozů v provozech lomů SHR vede ke značné poruchovosti vozového parku kolejové dopravy. Výrazný podíl této poruchovosti připadá na nápravy, dvojkolí, u kterých dochází k častým zlomům ložiskových čepů. Frakt plochy ulomených čepů svědčí jednoznačně o tom, že se jedná o zlomy, způsobené únavou materiálu.

V zájmu snížení poruchovosti těchto částí podvozků byla defektoskopickým pracovištěm VÚHU Most hledána vhodná metoda ultrazvukové kontroly náprav dvojkolí, která by vyhovovala provozním podmínkám.

II. Popis metodiky a výsledky měření

V odborné literatuře jsou popisovány metody ultrazvukové kontroly náprav, které se provádějí při vyvázání dvojkolí, kdy jsou přístupné jak čelní plochy nápravy, tak i válcové plochy ložiskových čepů. Vlastní měření je pak prováděno v průběhu velkých nebo generálních oprav vozů.

Pro zjištění stavu náprav v provozních podmínkách tento způsob kontroly nevyhovuje.

V době mezi velkými opravami vozů je nutno provádět tzv. preventivní kontrolu náprav, bez větších demontáží, při kratších odstávkách vozů (např. PPO).

Jak bylo již v úvodu řečeno, většinu havárií podvozků způsobují zlomky ložiskových čepů náprav dvojkolí. Sledováním těchto případů bylo zjištěno, že k ulomení dochází v místě, kde končí stahovací pouzdro druhého ložiska (viz obr. č. 1). Toto místo lze označit jako kritický průřez ložiskového čepu. Jen v ojedinělých případech dochází ke zlome-

ní nápravy v místech nábojového sedla nebo v místě osazení pro prašný kroužek. Proto byla hlavní pozornost metody preventivních kontrol náprav zaměřena na kritický průřez čepu. Jedinou možností pro provádění rychlých preventivních kontrol náprav dvojkolí bylo využití části čelní plochy kolem středícího důlku, dané otvorem v přitlačné desce (patrně z obr. 1). Přístup k této ploše je umožněn otvorem v ložiskové skříni po vyšroubování zátky, což je patrné z obr. č. 2.

V první fázi vývoje metodiky měření byla prováděna kontrola celé délky nápravy ($l = 2175 \text{ mm}$) ultrazvukovým defektoskopem s použitím sondy o frekvenci $2 \text{ MHz}/\varnothing 20 \text{ mm}$. Tento způsob nedával jednoznačné výsledky, protože plocha, která je pro indikaci k dispozici (mezikruží o max. šířce $12,5 \text{ mm}$) neumožní dotek celé plochy měniče sondy. Jako další možnost kontroly kritického průřezu čepu se jeví využití plochy středícího důlku. Na čelní sondu byl vypracován kuželový nástavec z plexiskla (úhel kuželového nástavce shodný s úhlem středícího důlku tj. 90°), čímž byla vlastně vytvořena úhlová sonda. Úhel, pod kterým vstupuje lomená příčná ultrazvuková vlna do ložiskového čepu, vypočteme ze vztahu

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_{L1}}{c_{T2}}$$

α - úhel, pod kterým dopadá podélná ultrazvuková vlna na rozhraní dvou prostředí

β - úhel lomené ultrazvukové vlny v prostředí 2

c_{L1} - rychlost šíření podélné vlny v prostředí 1

c_{T2} - rychlost šíření příčné vlny v prostředí 2

V našem prostředí známe :

$$\alpha = 45^\circ$$

$$c_{L1} = 2600 \text{ m/s (rychlost podélných vln v plexi)}$$

$$c_{T2} = 3250 \text{ m/s (rychlost příčných vln v oceli)}$$

potom :

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha \cdot c_{T2}}{c_{L1}} = \frac{0,70711 \cdot 3250}{2600} = 0,884$$

z toho plyne $\beta = 62^\circ$

Z náčrtku na obr.č. 3 je patrné, že podle výpočtu by lomená příčná vlna zasahovala do kraje kritického průřezu čepu. V praxi se však tento způsob neosvědčil, protože u většiny náprav jsou plochy středních důlků vydrěny od hrotů soustruhu, k čemuž dochází při soustružení nákolků po renovaci naváření. Proto byl zvolen způsob kontroly pomocí čelní sondy, u které bylo využito rozbíhavosti ultrazvukového svazku. Pro tento účel byly vyrobeny národním podnikem Laboratorní přístroje, Chotutice, sondy o frekvenci 2 a 4 MHz s průměrem měničů 10 mm. Ze vztahu pro výpočet polovičního úhlu rozevření ultrazvukového svazku

$$\varphi = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

plyne pro sondu 2 MHz/Ø 10 mm úhel $\varphi = 22^\circ$ a pro sondu 4 MHz/Ø 10 mm úhel $\varphi = 11^\circ$.

Kontrolu náprav dvojkolí pomocí těchto čelních sond lze provádět tak, že čelní sonda je přikládána na plochu mezikruží kolem středního důlku. Nejprve je prováděna kontrola celé délky nápravy sondou o frekvenci 2 MHz. V případě, že indikace vykazuje kromě koncového echa ještě echo na vzdálenosti 200 mm, je nutno provádět další kontrolu s nastavením časové základny do 300 mm. U většiny náprav dochází v důsledku velkého úhlu rozbíhavosti ultrazvukového svazku sondy 2 MHz/Ø 10 mm k pronikání části ultrazvukových vln do pouzder ložisek, od kterých se odráží zpět a na obrazovce defektoskopu se objeví tzv. falešné (parazitní) poruchové echo, které se jeví stejně, jako echo od počátečního únavového lomu. K vyloučení možnosti záměny falešného echa za echo poruchové a naopak, je třeba použít další kontrolu pomocí čelní sondy o frekvenci 4 MHz/Ø 10 mm, při jejíž poměrně malém úhlu rozbíhavosti ultrazvukového svazku by teoreticky již nemělo docházet k pronikání ultrazvukových vln do pouzder ložisek. Pro přibližné stanovení rozsahu únavových lomů bylo použito etalonu s různě hlubokými zářezy. Výsledky a závěry defektoskopického měření, velikosti vad byly v několika případech ověřeny zlomy čepů v místech ultrazvukem zjištěných vad.

Na obr. 4-9 jsou snímky takto získaných fraktoploch s různě roz-

sáhlymi únavovými lomy, od počátečních (obr.4) až po kritické (obr.8,9).

Tento způsob kontrolního měření značně snížil počet sporných případů. Opakovaná měření však ukázala, že sporné případy ještě existují. Bylo nutno propracovat metodiku tak, aby výsledky měření jednoznačně prokazovaly výskyt únavových trhlin. Zdokonalená měřicí metodika byla podmíněna použitím dosažitelných ultrazvukových defektoskopů a respektováním provozních podmínek.

Při použití přístrojů, např. : "Kretz 1 000", "Lehfdit MPT 10", které mají ve svém technickém vybavení tzv. hloubkovou lupu, jejíž pomocí lze libovolný úsek na obrazovce defektoskopu zvětšit (rozšířit) desetinásobně, je možné jednotlivé úseky, které nás zajímají, podrobně prozkoumat. Na této možnosti je založen návrh upřesněné metody, která jednoznačně potvrzuje výskyt únavového lomu ložiskového čepu, než je tomu u předcházejících metod. Navrhovaná měřicí metoda předpokládá proměření celé délky nápravy. Na obrazovce defektoskopu vznikne echogram, který je shodný s echogramem na obr. č. 10. Echo A je tzv. echo počáteční, které vzniká od snímací sondy. Echo B je buď echo parazitní, nebo počátek únavového lomu. Echo C a D jsou echa, která vznikají odražením ultrazvukové energie od osazení nápravy. Echo označené písmenem P je v tomto případě echo poruchové, protože ultrazvuková energie, která by případně do pouzdra pronikla, se může zpět odrazit jediné od přední stěny pouzdra (tzv. nosu), to by však znamenalo, že parazitní echo od echa poruchového se vzdálí o celou délku pouzdra, která činí cca 100 mm (echo F). V místě kritického průřezu ložiskového čepu (nejčastěji výskyt únavového lomu) není předpoklad pro odrazení ultrazvukové energie a vzniku parazitního echa.

Mohl by však nastat případ proniku ultrazvukových vln do prašného kroužku. Konstrukce prašného kroužku (obr. č. 1) však vylučuje možnost odrazu ultrazvukových vln zpět do snímací sondy. Tvar prašného kroužku na obr. č. 1 se neshoduje se skutečným tvarem kroužku na konstrukčním výkresu.

Echa G a K jsou echa, která vznikají odražením ultrazvukové energie od otvorů pro šrouby a konce nápravy. Protože náprava má dva ložiskové čepy, je nutně provádět indikaci z obou jejích čel. Tím se také bezpečně identifikuje i echo B.

Bez použití hloubkové lupy vypadá echogram nápravy jako echogram

1 na obrázku č. 11.

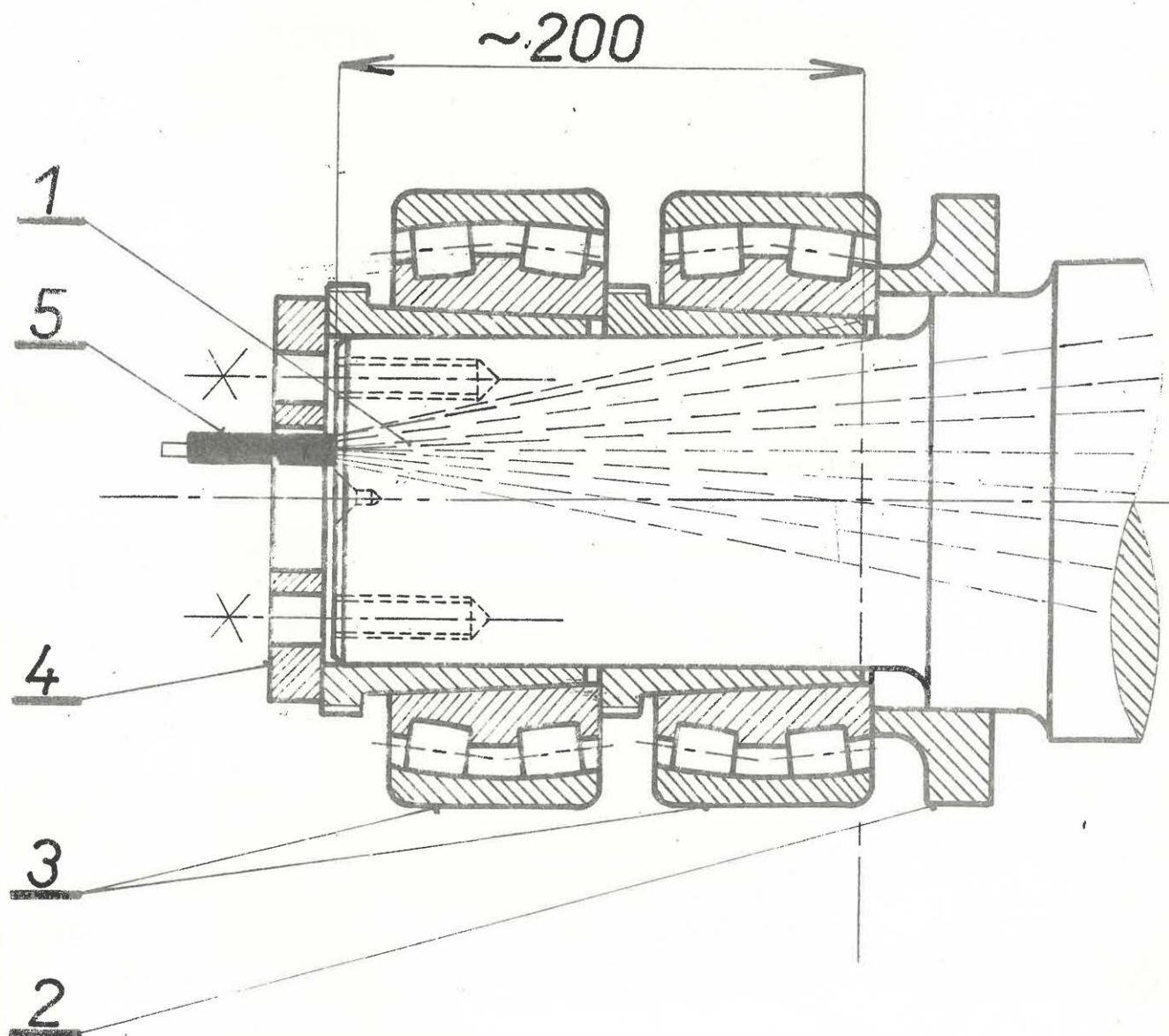
Jak je z nákresu patrné, echa C až K splývají, to znamená, že identifikace takto vzniklého echogramu je nemožná. Při použití hloubkové lupy se však úsek C až K dá rozšířit na celou délku obrazovky defektoskopu, a tím jednotlivě vzniklá echa od sebe oddělit. Echogram 2 znázorňuje jednotlivá echa při použití hloubkové lupy. Takto vypadá echogram u čepu nápravy, kde není únavový lom.

V případě, že ložiskový čep je narušen únavovým lomem, vznikne vedle ech C a D ještě echo P (echogram 3), echo poruchové. Jestliže únavový lom nebo vada ložiskového čepu je rozsáhlá, echo P se značně zvýší a echa F, G a K se utlumí, sníží. To znamená, že větší část ultrazvukového svazku je vadou ložiskového čepu zastíněna a ke kenci nápravy pronikají jenom okrajové vlny (echogram 4).

Literatura

Metodika určování vnitřních vad čepů os LH vozů v provozních podmínkách,
Výzkumná zpráva VÚHU Most, 1970

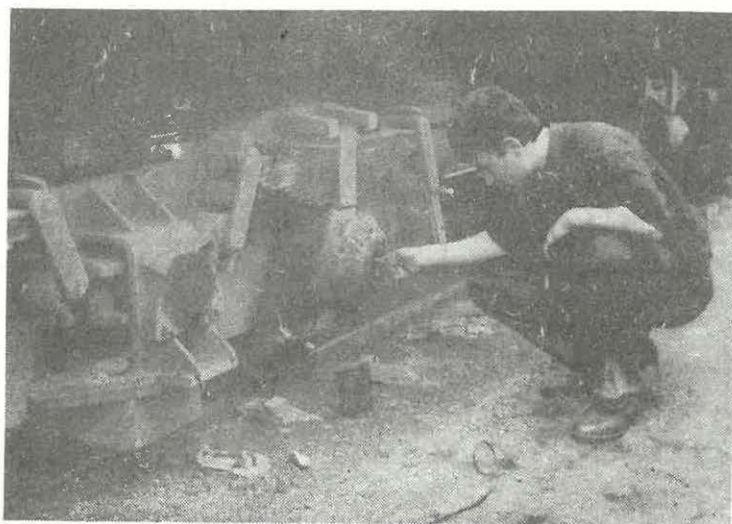
Turek A., inž. J. Hanzl : Kontrola náprav kolejových vozidel ultrazvukem,
1964, Železniční doprava a technika, č. 11



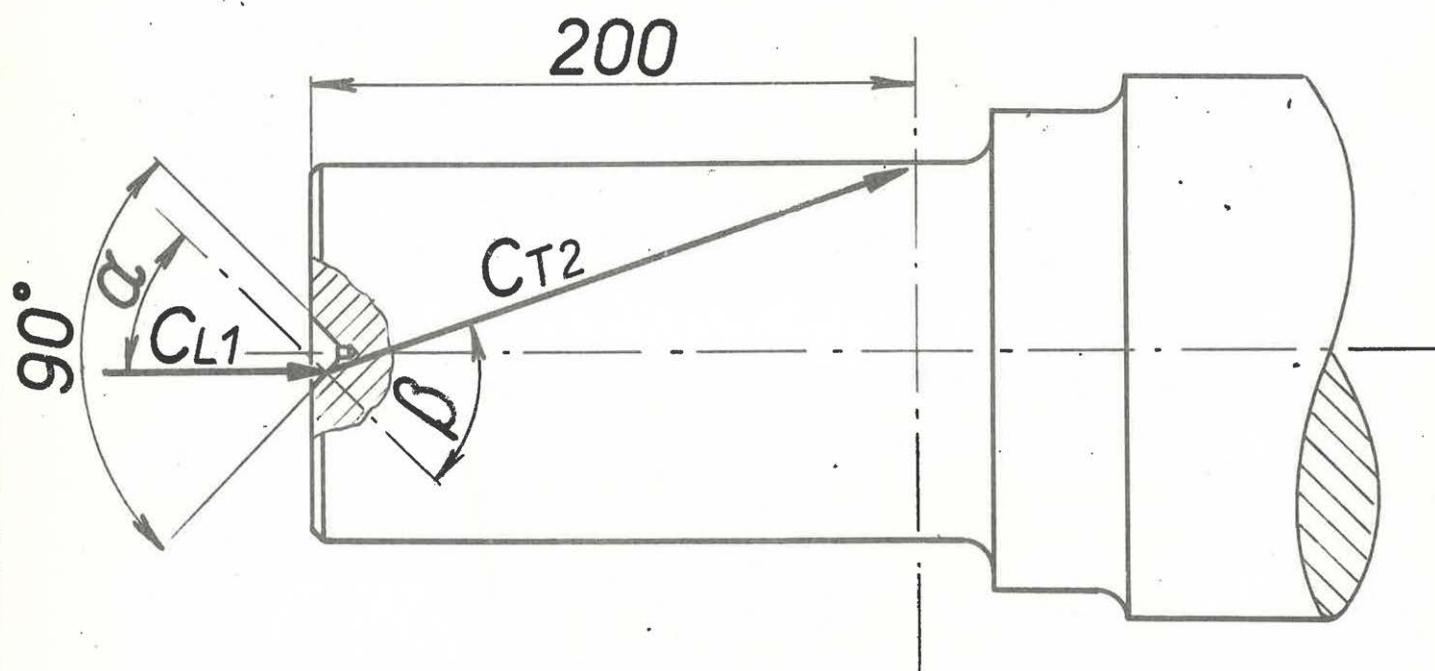
Obr. č. 1 - Ultrazvuková kontrola čepu nápravy LH vozu čelní sondou

- 1 - rozptyl ultrazvukového svazku s pronikem ultrazvukových vln do kuželového stahovacího pouzdra
- 2 - prašný kroužek
- 3 - dvouřadá soudečková ložiska typu 232 K + AH
- 4 - přitlačná deska
- 5 - snímací sonda

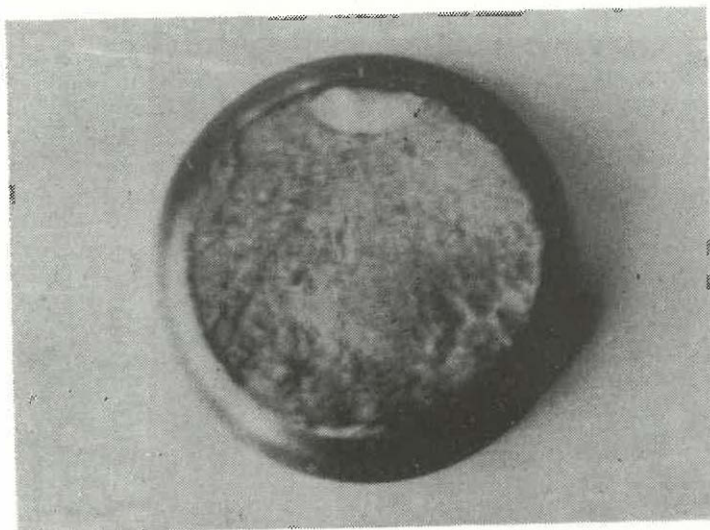
Kóta 200 mm znázorňuje přibližnou vzdálenost nejčastějšího výskytu únavových lomů



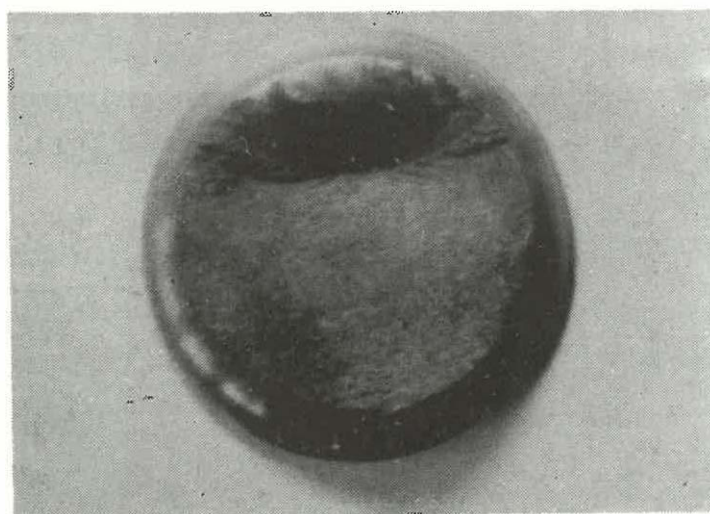
Obr. č. 2 - Indikace náprav LH vozů v provozech SHR



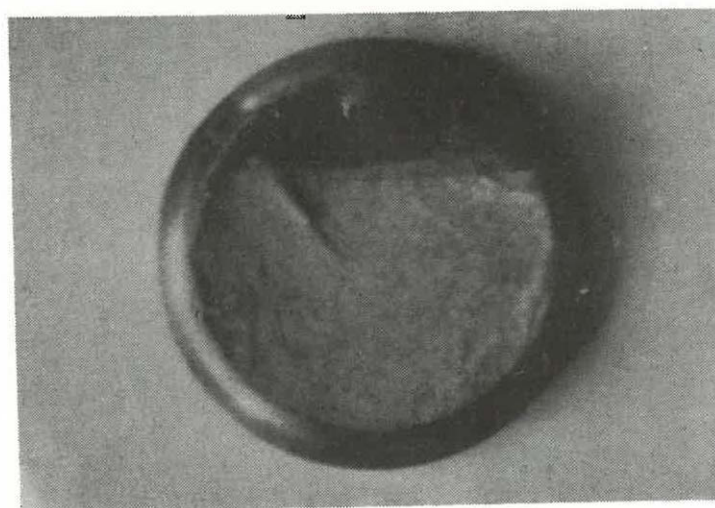
Obr. č. 3 - Schéma lomení ultrazvukového svazku při použití plexi -
nástavce



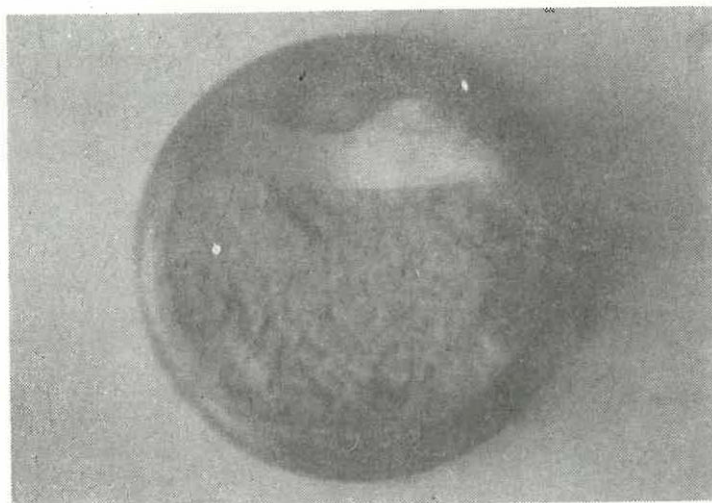
Obr. 4 - Počáteční únavový lom



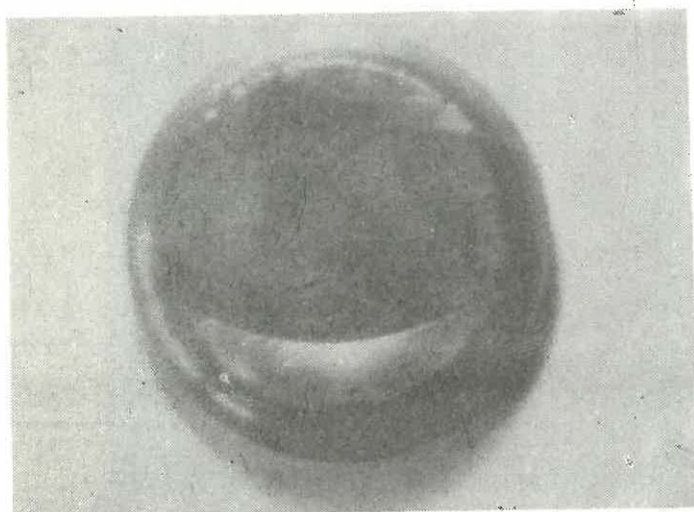
Obr. 5 - Počáteční únavový lom



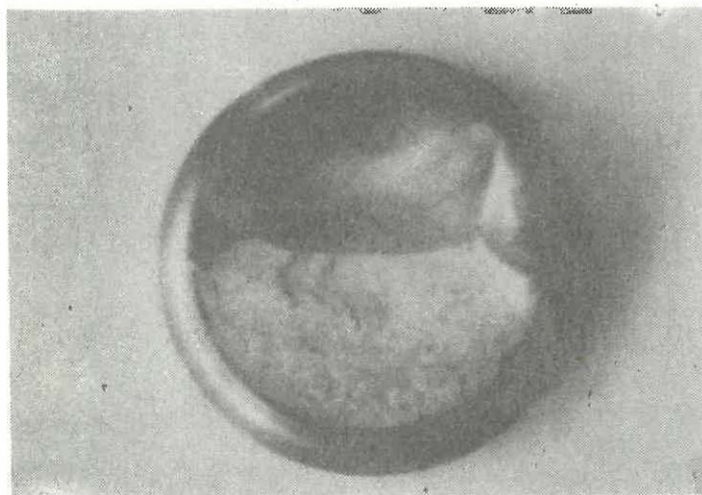
Obr. 6 - Pokročilý únavový lom



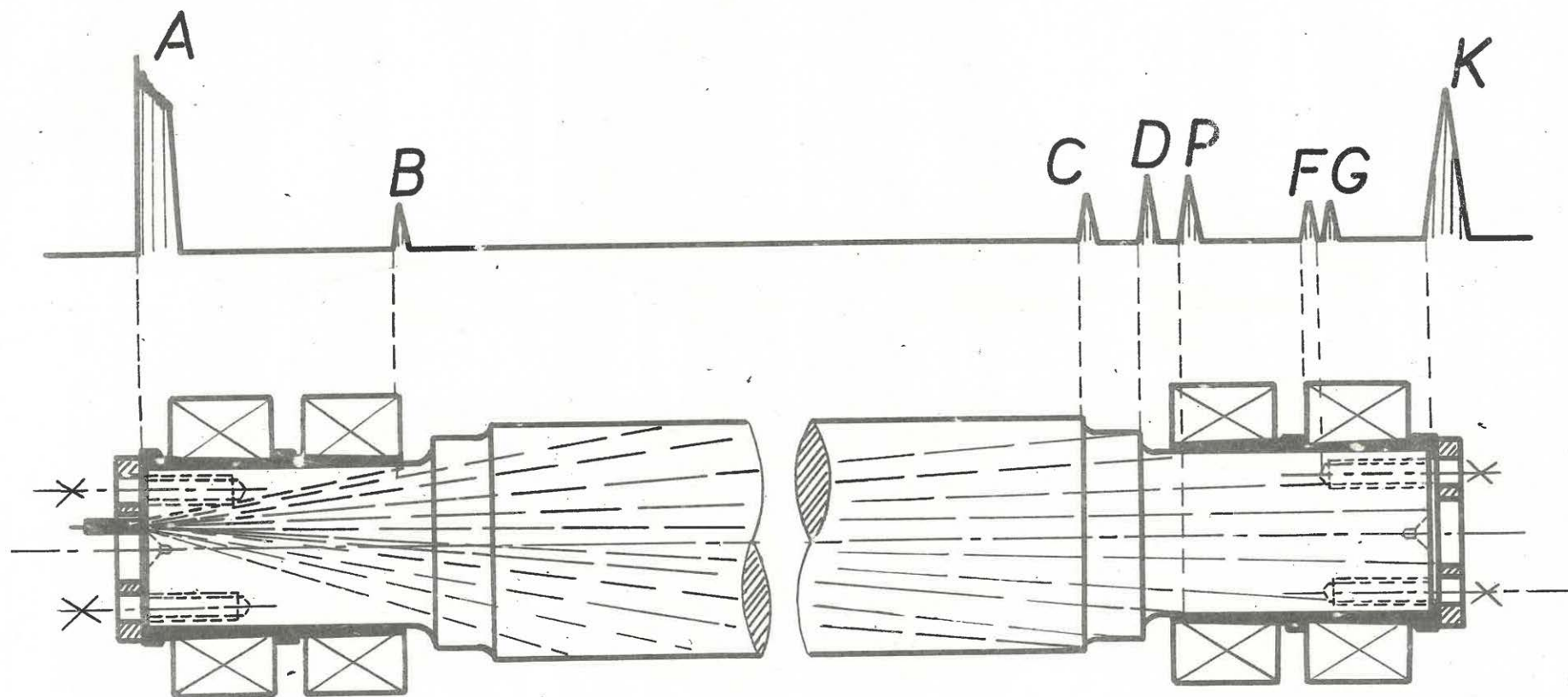
Obr. 7 - Pokročilý únavový lom



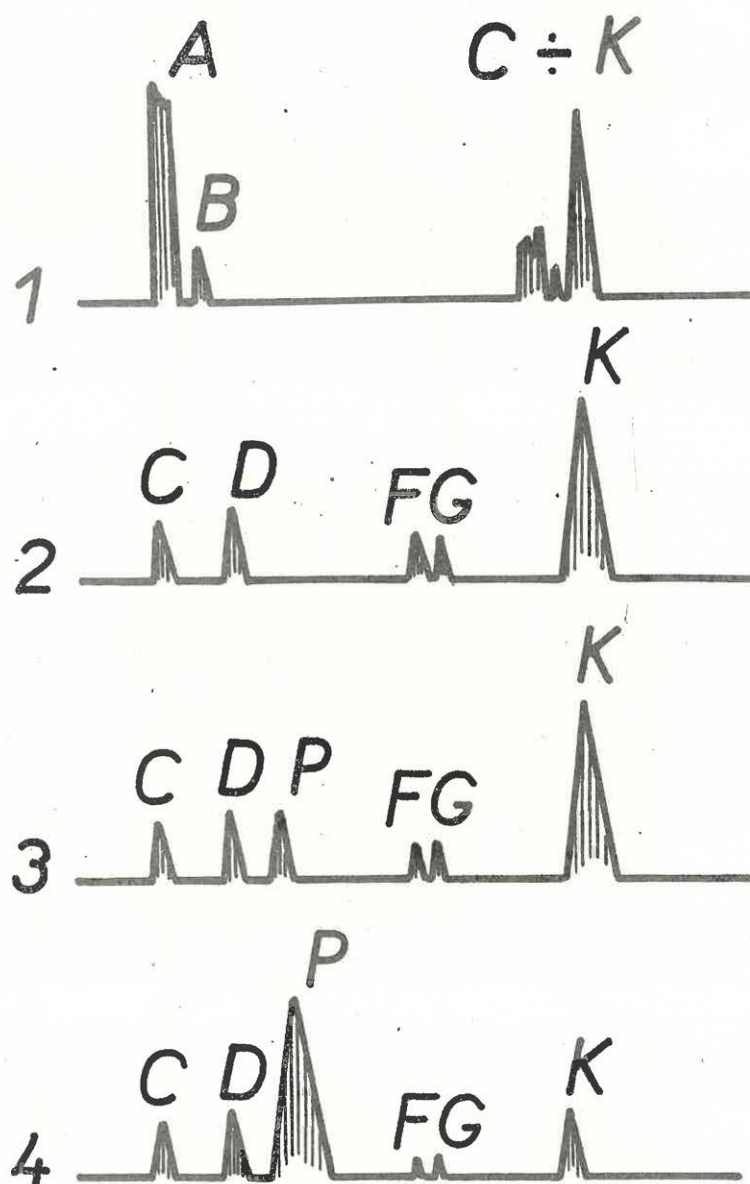
Obr. 8 - Kritický únavový lom



Obr. 9 - Kritický únavový lom



Obr. 10 - Schéma indikace celé délky nápravy



Obr. č. 11 - Schéma echogramů při použití hloubkové lupy